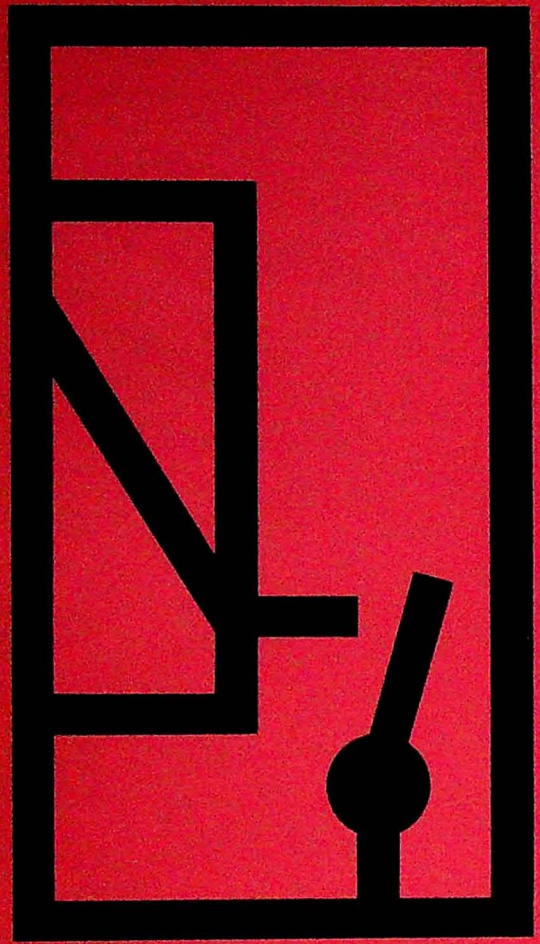


TOPP Buchreihe Elektronik 22

Heinrich Stöckle

Relais-Schaltungen

TOPP

TOPP-Reihe »Elektronik« 22

Heinrich Stöckle

Relaisschaltungen

Verlag Frech Stuttgart-Botnang

Hinweise zu den Relaisbezeichnungen

Die zu den Schaltbeispielen angeführten Relaisbezeichnungen der Fa. Siemens sind zwischenzeitlich geändert worden, wobei teilweise auch einige Relaisdaten Änderungen erfuhren. Den alten Relais, die teilweise noch in Bastelgeschäften erhältlich sind, werden die neuen Relais in der nachfolgenden Übersicht gegenübergestellt. Die alten und neuen Relais können ohne Änderung der Schaltbeispiele gegeneinander ausgetauscht werden. Die Relais der übrigen Firmen (SEL, Zettler, Eltako) haben sich bis zur Drucklegung nicht geändert.

Nachweis der Abbildungen

Schaltbeispiel 12: Appels, J.; Geels, B.: Handbuch der Relaisschaltungstechnik. Philips Technische Bibliothek, Verlag N. V. Philips' Gloeilampenfabrieken, Eindhoven/Niederlande, 1967. Abb. 71, S. 118.

Schaltbeispiel 14: Aschmoneit, E. K.: Vor- und rückwärtszählende Relaisketten. Elektronik Nr. 3, 1962, S. 85.

Schaltbeispiel 16: Nach Unterlagen der Firma SEL, Stuttgart.

Schaltbeispiel 18: Schaltung aus der Amtstechnik der Deutschen Bundespost.

Die übrigen Schaltbeispiele, mit Ausnahme von Beispiel 8, stammen vom Verfasser.

Alte Bezeichnung	Neue Bezeichnung
T. rls. 154 d TBv. 65419/93e (Spulenwiderstand 280 Ohm)	V 23154-D 719-B 110 (Spulenwiderstand 325 Ohm)
T. rls. 154 d TBv. 65420/93e (Spulenwiderstand 430 Ohm)	V 23154-D 720-B 110 (Spulenwiderstand 530 Ohm)
T. rls. 154 d TBv. 65421/93e (Spulenwiderstand 700 Ohm)	V 23154-D 721-B 110 (Spulenwiderstand 890 Ohm)
T. rls. 145 d TBv. 65432/93e (Spulenwiderstand 300/640 Ohm)	V 23154-D 0432-B 110 (Spulenwiderstand 300/640 Ohm)
T. rls. 65 p TBv. 3502/5 (Spulenwiderstand 9050/9050 Ohm)	V 23065-A 1005 (Spulenwiderstand 9050/9050 Ohm)

Wir bitten, die etwaige Änderung der Widerstandsangaben in den Schaltungen zu berücksichtigen.
(Betrifft Beispiel 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 14, 17, 21, 22, 25)

2. Auflage 1970

© 1968

Verlag und Druckerei M. Frech, Stuttgart-Botnang
Druck: Frech, Stuttgart-Botnang

Einleitung

Sie möchten etwas über Relaisschaltungen erfahren. Diese müssen zweierlei Dinge erfüllen: Erstens müssen sie überhaupt funktionieren und zum andern sollen sie zufriedenstellend funktionieren. Die erste Forderung zu erfüllen, will Ihnen dieses Buch behilflich sein. Mit der zweiten Forderung ist gemeint, daß die Schaltung sicher arbeiten soll, daß sie dies auch noch nach längerem Betrieb tut, und daß sie es auch dann noch tut, wenn die äußeren Bedingungen nicht optimal sind, z. B. wenn die Speisespannung schwankt.
Wer sich etwas mit Schalttechnik befaßt hat, wird die folgenden Grundschaltungen leicht für Amateurzwecke abwandeln können. Da es nicht möglich war, Hinweise für die Bemessung zu geben, habe ich einige Schaltungen für die preisgünstigen Kleinrelais (Kammrelais), die in Bastelgeschäften erhältlich sind, dimensioniert. Allerdings sind bei diesen Relais keine Folgekontakte, Dämpfungswicklungen oder sonstige Besonderheiten möglich, so daß sich manche solcher Schaltungen mit anderen Relais einfacher gestalten ließen. Im übrigen ist die Bemessung einer Relaisschaltung meist nicht sehr schwierig, da die Hersteller in ihren technischen Daten genaue Werte für den Betrieb der Relais angeben.

Etwas über Relais

Über Relais kann man Bücher schreiben. Ich selbst möchte das vorliegende Buch weniger schreiben als vielmehr zeichnen, denn Schaltungen bestehen eben doch mehr aus Strichen denn aus Buchstaben. Trotzdem kann es nichts schaden, wenn wir noch einige Betrachtungen über dieses Thema anstellen.

Das Wort *Relais* ist von dem französischen Wort *relayer* (von der Arbeit ablösen) abgeleitet und bedeutete zu Beginn der Telegrafenzeit eine Einrichtung, wo der durch die sprichwörtliche lange Leitung gedämpfte Strom wieder aufgefrischt wurde. Zu diesem Telegrafenrelais hat sich inzwischen eine ganze Reihe anderer Bauelemente gesellt, und selbst die halbe Elektronik hat sich unter dem Namen *Relais* breitgemacht. Unter diese Bezeichnung fallen nämlich heute rein mechanisch betätigte Schalter, wie Druckrelais, Schwimmerschalter und Kontaktthermometer wie auch elektronische Relais, darunter Relaisröhren (Thyratrons) oder Schalttransistoren. Auf diese Weise kann man nahezu alle aktiven Elemente als Relais bezeichnen, wenn sie nur in der Lage sind, einen Stromkreis sprunghaft zu öffnen oder zu schließen. Diese recht weitherzige Auslegung ist jedoch im Sprachgebrauch nicht üblich, und wir beschränken uns daher auf elektromagnetische und elektrothermische Relais. Diese beiden Gruppen kann man mit dem Begriff *elektrisch fernsteuerbare Schalter* umreißen.

Das Angebot der Industrie an Relais ist überwältigend.

Dies hat seinen Grund nicht nur darin, daß man für den jeweiligen Zweck ein möglichst preiswertes Spezialrelais züchtet, sondern ganz einfach darin, daß man auch für viel Geld keine Allerweltsrelais bauen kann. Ein Relais, das Sprechströme schaltet, kann nicht auch Motoren schalten und umgekehrt.

Die Elektronik ist heute immer mehr im Vordringen. Aber mit den Stückzahlen der Halbleiterelemente wächst auch der Verbrauch an Relais. Das hat einen praktischen und einen theoretischen Grund. Der praktische Grund ist in den Eigenschaften dieser Bauelemente zu suchen, vor allem im Verhältnis des Widerstandes im geöffneten Zustand zu dem des gesperrten Zustandes. Zwar haben die heutigen Feldeffekttransistoren schon sehr hohe Eingangswiderstände, aber wenn man mehrere hintereinanderschaltet, wachsen die Restströme rasch auf unerwünschte Werte an, was man beispielsweise in der Fernsprechtechnik gar nicht gerne sieht.

Der mehr theoretische Grund für den bevorzugten Einsatz von Relais besonders bei kleinen Gerätestückzahlen liegt wohl darin, daß man ein passendes Relais nach den Datenblättern der Hersteller innerhalb weniger Minuten mühelos bestimmen kann, während ein elektronischer Schalter eine gewisse Entwicklungsarbeit bedingt.

Nun noch einige Zahlen. Der Durchgangswiderstand eines Relaiskontaktes liegt zwischen ca. 1 mΩ (Gold) und 100 mΩ (Wolfram). Das bewährte Silber weist je nach Kontaktkraft einen Kontaktwiderstand von 0,7 bis 2 mΩ auf. Die Lebensdauer eines Relaiskontaktes liegt je nach Belastung und Funkenlöschung zwischen 100 000 und 10 Millionen Schaltungen. In dieser Hinsicht sind die Transistoren wieder eindeutig besser, da sie praktisch ewig leben. Für sehr geringe Ströme und Spannungen, z. B. für Sprechströme, ist Gold als Kontaktmaterial besser geeignet als Silber, im Gegensatz zum Sprichwort (Reden ist Silber . . .). Die Kontaktkraft bei Goldkontakten soll mindestens 1 p (Pond; in manchen Datenblättern auch in Gramm angegeben) betragen, für Silber mindestens 17 p. Da Kleinrelais diesen Wert nicht immer erreichen, können bisweilen Kontaktstörungen auftreten. In diesem Falle wähle man ein größeres Relais oder ein Relais in Schutzgasatmosphäre (hermetisch abgeschlossene Relais). Der zulässige Schaltstrom ist von der Bauart und vom Kontaktmaterial abhängig, ferner von der Art der Belastung (ohmisch oder induktiv). Für ein Kleinrelais werden beispielsweise 1 A für Silber- und 0,5 A für Goldkontakte angegeben. Andere Goldlegierungen erlauben nur einen Schaltstrom von 10 mA. Lebensdauer und Funktionssicherheit werden größer, wenn kleinere Ströme geschaltet werden und eine ausreichende Funkenlöschung vorhanden ist. Weitere Ermahnungen und Winke sind aus den Datenblättern der Hersteller zu entnehmen.

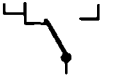
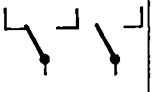
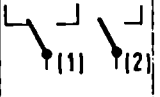
Schaltbeispiel 1

Relaiskontakte

Die beiden Grundkontakte mit den Kennzahlen 1 und 2 — Schließer und Öffner — lassen sich zu einer Vielzahl von Verbundfedersätzen (in der Tabelle die Kennzahlen 21 bis 232) und zusammengesetzten Federsätzen (in der Tabelle mit den Kennzahlen 21—1 und 21+1) kombinieren. Die Tabelle im Schaltbeispiel 1 zeigt aus den möglichen Abwandlungen nur eine bescheidene Auswahl.

Die verschiedenen Kontaktkombinationen haben den Zweck, Kontaktfedern zu sparen und Schaltungsaufgaben zu lösen, die mit den Grundfedersätzen nicht zufriedenstellend verwirklicht werden können. Kleinrelais, die für den Amateur am einfachsten erhältlich sind, haben meist nur Schließer (im Sprachgebrauch auch als Arbeitskontakt bezeichnet), Öffner (Ruhekontakt) oder Wechsler (Umschaltkontakt). Eine für die Schaltungstechnik sehr wichtige Kontaktart sind die Schleppkontakte (in der Tabelle die Kennzahlen 32 und 232), das sind Wechsler, bei denen eine Seite schließt, ehe die andere öffnet. Man benötigt sie beispielsweise, wenn ein Relais vom Ansprechstromkreis in den Haltestromkreis umgeschaltet werden soll. Der normale Wechsler würde nämlich während des Umschaltens eine nicht zulässige Unterbrechung des Stromkreises bewirken. Den gleichen Effekt kann man auch mit einem Federsatz nach Kennzahl 21+1 erreichen. Während der Federsatz 21—1 aus zwei normalen Kontakten, nämlich einem Wechsler und einem Schließer, besteht, die völlig unabhängig voneinander, d. h. gleichzeitig, betätigt werden, stellt der Federsatz 21+1 einen Stufenkontakt dar. Zuerst wird der Wechsler betätigt und danach der Schließer. Diese Federsätze erfordern einen größeren Ankerhub und damit eine stärkere Ansprecherregung (d. h. mehr Strom zum Ansprechen).

Schaltzeichen	Kontakt-darstellung	Kenn-zahl	Benennung
		1	Schließer
		2	Öffner
		21	Wechsler
		11	Zwillingsschließer
		22	Zwillingsöffner

Schaltzeichen	Kontakt-darstellung	Kenn-zahl	Benennung
		221	Zwillingsöffner - Schließer
		32	Folgewechsler
		232	Öffner - Folge-wechsler
		21—1	Wechsler + Schließer
		21+1	Wechsler + Schließer (Stufenkontakt)

Schaltbeispiel 2

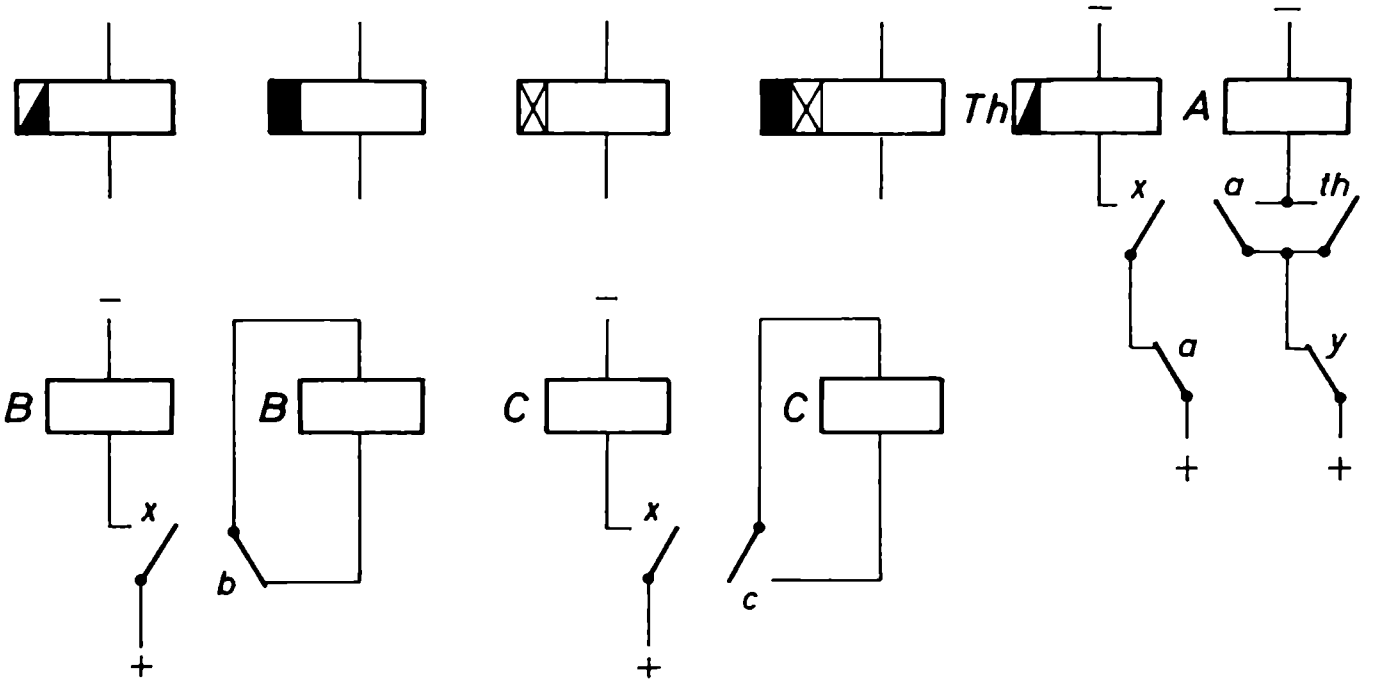
Verzögerungsschaltungen

Wir beginnen mit der Möglichkeit, bei einem Relais die Schaltzeit zu beeinflussen. Vorweg sei gesagt, daß eine hohe Ansprechverzögerung sehr viel schwerer zu erreichen ist als eine lange Abfallverzögerung. Die Ansprechzeiten elektromagnetischer Relais liegen zwischen 3 und 20 Millisekunden und können bis etwa 200 Millisekunden verlängert werden, während Abfallzeiten bis zu mehreren Sekunden ohne weiteres erreichbar sind.

In der oberen Reihe sind die genormten Schaltsymbole eingetragen. Von links nach rechts erkennt man ein Thermorelais, ein abfallverzögertes Relais, ein anzugverzögertes Relais sowie ein Relais mit Anzug- und Abfallverzögerung. Diese Arten der Verzögerung sind rein konstruktiver Natur, indem man kurzgeschlossene Wicklungen aus Blankdraht oder Kupferringe aufbringt. Die meisten dieser Maßnahmen bewirken eine Anzugs- *und* Abfallverzögerung. Dagegen bewirkt ein dicker Kupferring auf dem Kern in Ankernähe eine Anzugsverzögerung ohne wesentliche Beeinflussung der Abfallzeit und ein Kupferring auf dem entgegengesetzten Ende des Kerns eine reine Abfallverzögerung.

Die Schaltung in der oberen Reihe zeigt, wie man ein Thermorelais einsetzt, das Schaltzeiten zwischen 10 und 200 Sekunden aufweist. Durch einen Steuerkontakt *x* der betreffenden Schaltung wird das Thermorelais *Th* eingeschaltet. Nach Erreichen der Ansprechtemperatur schließt es seinen Kontakt *th* und erregt dadurch Relais *A*. Dieses schaltet mit seinem Öffner *a* das Thermorelais ab, so daß es abkühlen kann. *A* hält sich mit seinem eigenen Kontakt, bis der Steuerkontakt *y* die ganze Geschichte wieder von neuem in Gang setzt.

Relais *B* hat eine niederohmige Wicklung, die es über einen Öffner kurzgeschlossen hält. Dadurch wirkt die Schaltung nur einschaltverzögernd. Im Gegensatz dazu ist die niederohmige Wicklung von Relais *C* nur beim Abschalten wirksam und wirkt dadurch abfallverzögernd.


Th
A
x
a
th
a
y
B
x
B
b
C
x
C
c

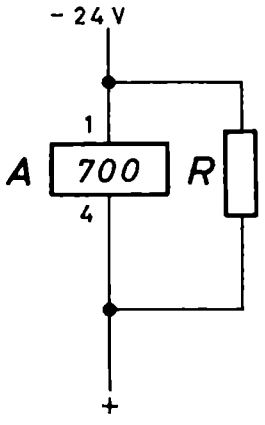
Schaltbeispiel 3

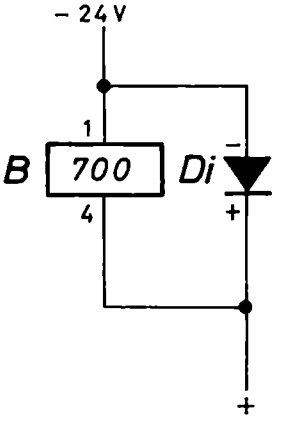
Verzögerungsschaltungen

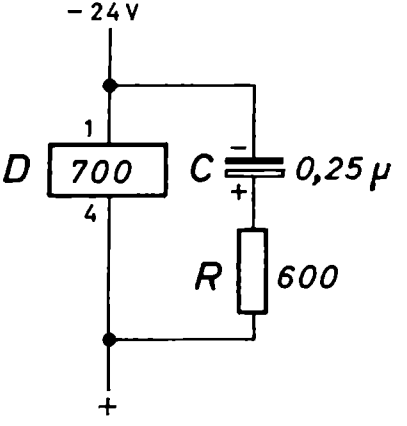
Die vorigen Schaltbeispiele lassen sich bei Kleinrelais oft nicht verwirklichen, so daß man hier die gewünschten Verzögerungen auf schaltungstechnischem Wege erreichen muß.

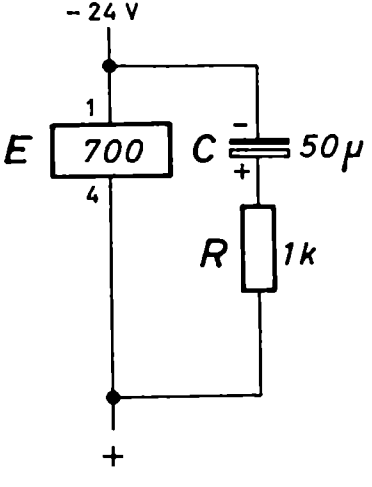
Ein Widerstand parallel zur Relaiswicklung, wie er für Relais *A* gezeichnet ist, ermöglicht eine einfache, wenn auch nicht sehr wirkungsvolle Art der Abfallverzögerung. Mit Rücksicht auf die Erwärmung und den Stromverbrauch darf der Widerstand nicht zu niederohmig gewählt werden. Einen niederohmigen Stromkreis erhält man, wenn parallel zur Wicklung ein Gleichrichter geschaltet wird (Relais *B*), der für den Induktionsstrom, der nach dem Abschalten noch weiterfließt, leitend ist. Dem Relais *D* ist eine handelsübliche RC-Kombination parallel geschaltet, die zwar eine gute Funkenlöschung bewirkt, aber infolge der geringen Kapazität des Kondensators C keine große Verzögerung ermöglicht. Um diese zu erhöhen, benutzt man ein RC-Glied aus zwei getrennten Bauelementen (Relais *E*). Vielfach ergibt sich aus der Schaltung, daß ein Relais nicht nur abgeschaltet, sondern auch noch kurzgeschlossen wird, wie für Relais F angedeutet. Der Kontakt *x* ist wieder ein Steuerkontakt der Schaltung. Die Abfallzeit liegt in diesem Fall etwas höher, als wenn das Relais *nur* abgeschaltet wird.

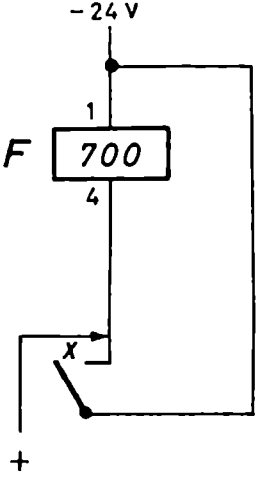
A, B, C, D, E	T.rls. 154 d T.Bv. 65421/93 e (Siemens) oder AZ - 70 - 1 (Zettler)
R	Schichtwiderstand, $^1/_2$ Watt Belastbarkeit, Widerstandstoleranz $\pm 10\,\%$
C	Elektrolytkondensator 30/35 V
Di	Diode, Sperrspannung 30 V, Durchlaßstrom 30 mA


- 24 V
1
A
700
R
4
+


- 24 V
1
B
700
Di
4
+


- 24 V
1
D
700
C
0,25 µ
4
+
R
600
+


- 24 V
1
E
700
C
50 µ
4
+
R
1k
+


- 24 V
1
F
700
4
X
+

Schaltbeispiel 4

Verzögerungs- und Beschleunigungsschaltungen

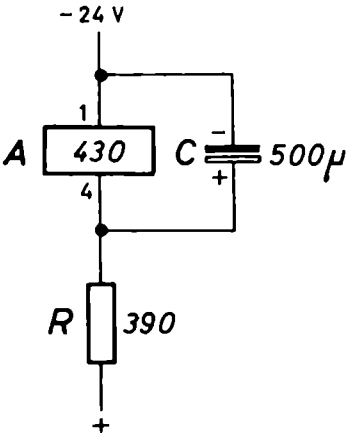
Wie schon angedeutet, sind Abfallverzögerungen einfacher zu erreichen als Anzugsverzögerungen, und auch die Verkürzung der Schaltzeiten läßt nur einen geringen Spielraum zu.

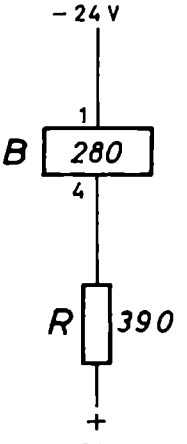
Der parallel zu Relais *A* geschaltete Kondensator stellt im ersten Augenblick des Einschaltens einen Kurzschluß dar, so daß das Relais nicht sofort ansprechen kann, sondern erst, wenn der Kondensator sich aufgeladen hat. Die Zeit des Aufladens wird durch den strombegrenzenden Widerstand *R* verlängert.

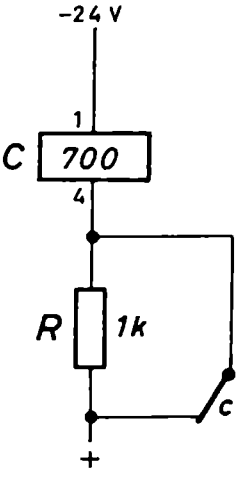
Ein Stromkreis, der vorwiegend aus ohmschen Widerständen besteht, hat eine kürzere Zeitkonstante als ein Stromkreis mit hohem induktivem Widerstand. Zur Verkürzung der Anzugszeit kann man daher ein niederohmiges Relais mit einem Widerstand in Reihe schalten. Um ein Relais beim Abfall zu beschleunigen, kann man den Speisestrom auf den für das Halten notwendigen Wert herabsetzen, wie für Relais *C* gezeichnet.

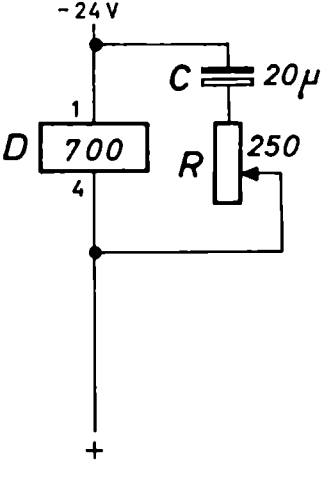
In einem Kreis mit ohmschen und mit Blindwiderständen klingt der Strom beim Abschalten meist nach einer Kurve, einer sog. aperiodischen Schwingung, ab. Bei entsprechender Bemessung entsteht aber eine gedämpfte Schwingung, wobei das Relais bereits beim ersten Nulldurchgang abfallen kann. Von dieser Möglichkeit der Abfallbeschleunigung ist in den beiden nächsten Schaltungen Gebrauch gemacht. Während parallel zu Relais *D* nur ein *RC*-Glied geschaltet ist, erhält Relais *E* noch einen zusätzlichen Reihenwiderstand ähnlich Relais *C*, so daß durch die Herabsetzung des Erregerstroms nach dem Ansprechen eine stärkere Verkürzung der Abfallzeit erreicht wird.

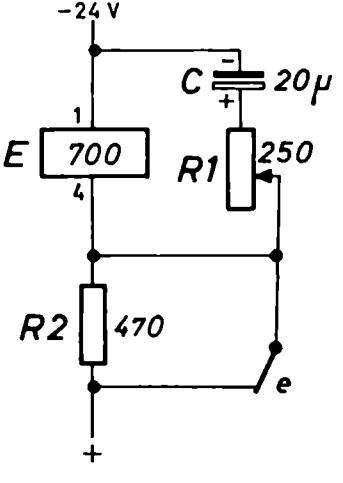
A	T.rls. 154 d T.Bv. 65420/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 80 - 1 (Zettler)
B	T.rls. 154 d T.Bv. 65419/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 90 - 1 (Zettler)
C, D, E	T.rls. 154 d T.Bv. 65421/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 70 - 1 (Zettler)


-24 V
1
A
430
4
C
500µ
R
390
+


-24 V
1
B
280
4
R
390
+


-24 V
1
C
700
4
R
1k
c
+


-24 V
C
20µ
1
D
700
4
R
250
+


-24 V
C
20µ
1
E
700
4
R1
250
R2
470
e
+

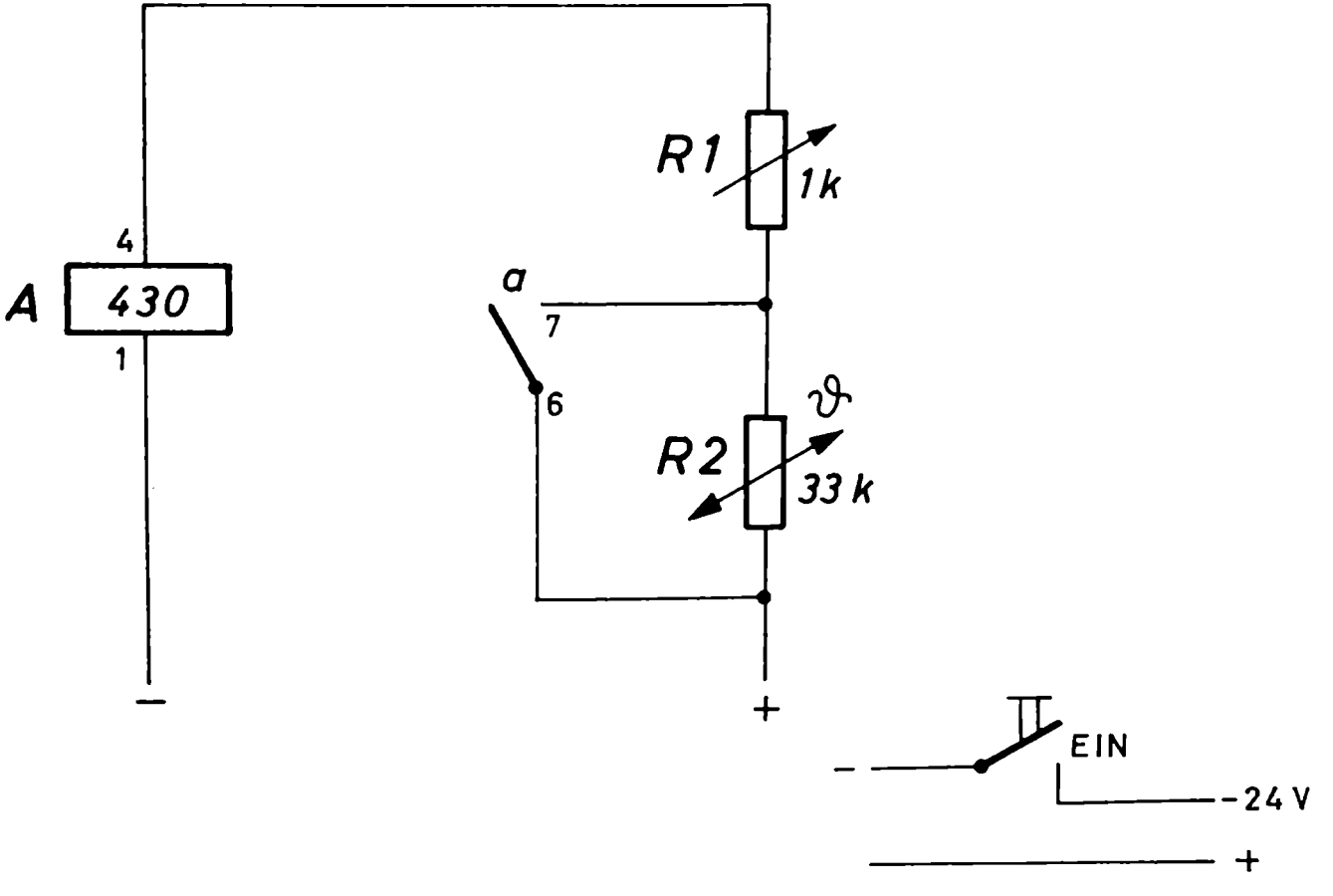
Schaltbeispiel 5

Einschaltverzögerung mit Heißleiter

Wir haben gesehen, daß längere Einschaltverzögerungen mit den üblichen Maßnahmen schwer zu erzielen sind. Eine Möglichkeit, ein Relais beim Einschalten mehrere Sekunden zu verzögern, bietet ein Heißleiter.

Der Heißleiter ist ein temperaturabhängiger Widerstand, der im kalten Zustand einen hohen Widerstandswert aufweist und bei Erwärmung niederohmig wird.
Beim Einschalten der Speisespannung ist der Kaltwiderstand des Heißleiters *R 2* so hoch, daß das Relais nicht ansprechen kann. Durch die beim Durchfließen des elektrischen Stromes im Widerstand erzeugte Wärme wird dieser niederohmig. Bei einem bestimmten Widerstandswert spricht Relais *A* an und überbrückt *R 2*, damit dieser nicht durch zu starke Erwärmung zerstört wird. Mit dem Einstellwiderstand *R 1* kann die Ansprechzeit des Relais in geringen Grenzen verändert werden.
Die Belastbarkeit von *R 2* muß so gewählt werden, daß sich der Widerstand bei der angelegten Speisespannung noch hinreichend stark erwärmen kann. Ein Heißleiter mit einem niedrigen Kaltwiderstand oder mit einer geringen Belastbarkeit verkürzt die Ansprechzeit des Relais.

A	T.rls. 154 d T.Bv. 65420/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 80 - 1 (Zettler)
R 1	1 kΩ, 1 Watt
R 2	B 8 320 03/P 33 k (Valvo)


4
A
430
1
R1
1k
a
7
6
R2
33 k
ϑ
–
+
EIN
–24 V
+

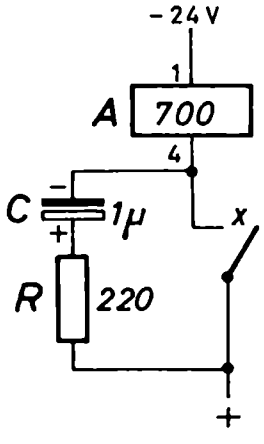
Schaltbeispiel 6

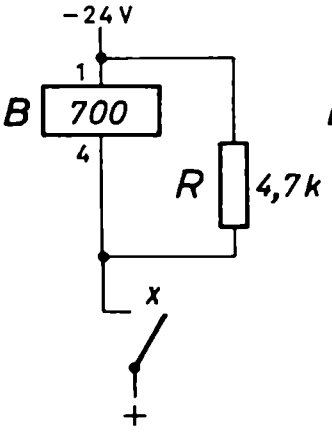
Funkenlöschung

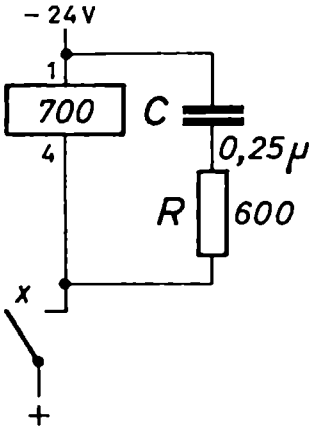
Wir wissen, daß die Lebensdauer und Funktionssicherheit einer Relaisschaltung in bestimmtem Maße von der Belastung der Kontakte abhängt. Infolge der unvermeidlichen Induktivität einer Relaiswicklung entsteht beim Abschalten eine Überspannung, die sich nachteilig auf die schaltenden Kontakte auswirkt. Um diese Überspannung klein zu halten, gibt es verschiedene Möglichkeiten.

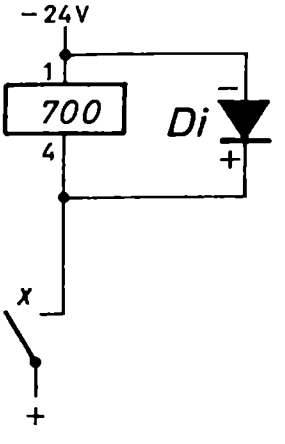
Der Steuerkontakt *x*, der Relais *A* ein- und abschaltet, ist durch ein RC-Glied geschützt. Diese Möglichkeit des Kontaktschutzes ist unwirtschaftlich, da es in einer Schaltung meist sehr viel mehr Kontakte als Wicklungen gibt. Man bringt daher den Kontaktschutz besser bei den Wicklungen an. Für Relais *B* geschieht dies durch einen parallel geschalteten Widerstand, für Relais *D* durch eine RC-Kombination und für Relais *E* durch einen Gleichrichter. Im Vergleich zu den bisher besprochenen Schaltungen bemerken wir, daß diese Art des Kontaktschutzes auch gleichzeitig eine Abfallverzögerung bewirkt. Ist diese unerwünscht, dann schützt man die Kontakte direkt, wie im Beispiel für Relais *A* gezeichnet. Relais *F* wird durch den Folgekontakt *x* vor dem Abschalten kurzgeschlossen, was die Beanspruchung des Kontaktes herabsetzt. Bei sehr häufigem Schalten kann man auch ein RC-Glied mit zwei getrennten Bauelementen benützen, die für das jeweilige Relais (Beispiel Relais G) optimal bemessen sind. Eine Funkenlöschung, die auch hochfrequenzmäßig wirksam ist, zeigt die Schaltung für Relais *H*.

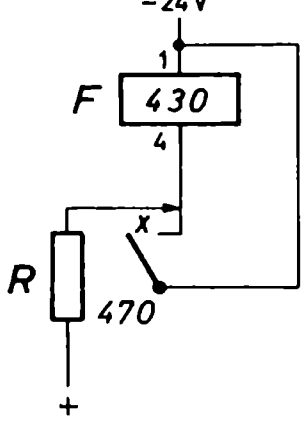
A—E, G, H	T.rls. 154 d T.Bv. 65421/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 70 - 1 (Zettler)
R	Toleranz ± 10 %, Belastbarkeit ½ W
C	Spannung 30/35 V
RC-Kombination	0,25 µF/600 Ω, als Kombination käuflich
Di	Diode, Sperrspannung 30 V, Durchlaßstrom 30 mA

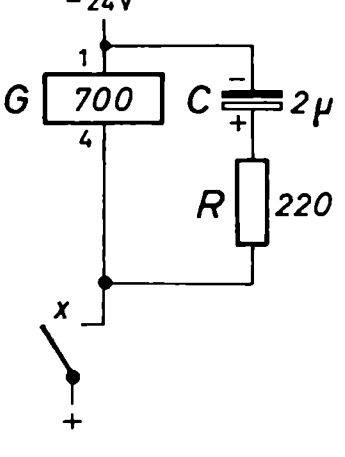

-24V
1
A
700
4
C
1µ
R
220
x
+

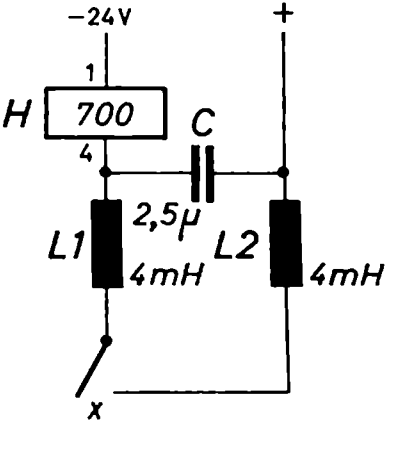

-24V
1
B
700
4
R
4,7k
x
+


-24V
1
D
700
4
C
0,25µ
R
600
x
+


-24V
1
E
700
4
Di
x
+


-24V
1
F
430
4
x
R
470
+


-24V
1
G
700
4
C
2µ
R
220
x
+


-24V
1
H
700
4
C
2,5µ
L1
4mH
L2
4mH
+
x

Schaltbeispiel 7

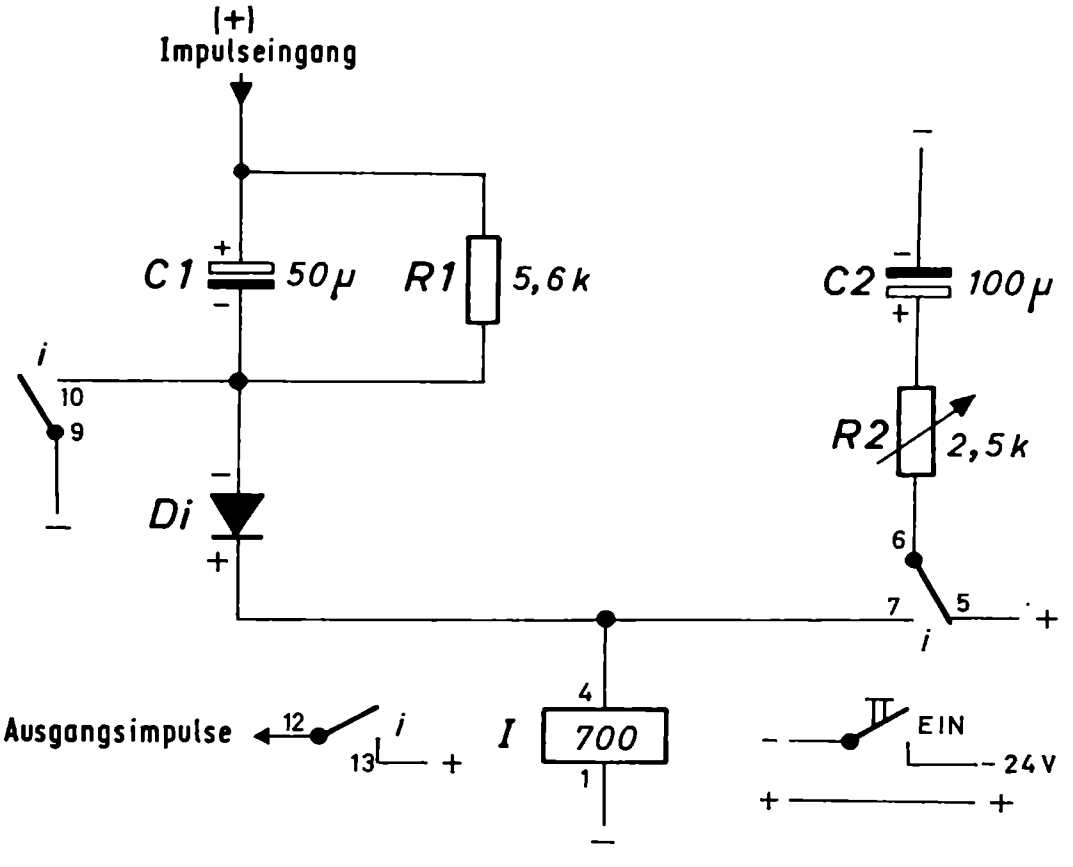
Monostabile Kippschaltung

Eine monostabile Kippschaltung wird durch einen kurzen Impuls zum Umklappen gebracht und fällt nach einer bestimmten, einstellbaren Zeit wieder in ihre Ruhelage zurück. Sie dient in der Praxis beispielsweise dazu, verstümmelte Impulse, insbesondere zu kurze Impulse, aufzufrischen und auf die richtige Länge zu bringen.

Die ankommenden, positiven Impulse werden vom Kondensator *C 1* differenziert, d. h. sie klingen allmählich ab und werden dadurch in ihrer Länge begrenzt, auch wenn der Impulseingang noch an die Impulsspannung angeschlossen ist. Sobald das Impulswiederholrelais *I* angesprochen hat, schaltet es sich mit seinem Kontakt an das RC-Glied *R 2/C 2*. Da dieses RC-Glied in der Ruhestellung des Relais an beide Pole der Speisespannung angeschlossen ist, ist der Kondensator *C 2* geladen und bewirkt dadurch eine kräftige Abfallverzögerung. Die Verzögerungszeit kann mit dem Einstellwiderstand *R 2* bei den gewählten Werten zwischen etwa 20 und 320 ms eingestellt werden. Die größte Abfallzeit ergibt sich, wenn *R 2* auf 1050 Ω eingestellt wird. Reicht die Abfallzeit nicht aus, dann wird *C 2* entsprechend vergrößert.

Der andere *i*-Kontakt legt nach dem Ansprechen des Relais sofort Minus an den Kondensator *C 1*. Dadurch wird die Diode *Di* gesperrt, und das Relais kann sich nur noch über *C 2/R 2* halten, wodurch definierte Abfallzeiten entstehen. Der Widerstand *R 1* dient zur Entladung von *C 1* während der Impulspausen und muß so hochohmig sein, daß sich das Relais über diesen Widerstand nicht halten kann.

I	T.rls. 154 d T.Bv. 65421/93 e (Siemens oder AZ 421 - 70 - 1 (Zettler)
C 1	50 µF, 30/35 V, Elektrolyt
C 2	100 µF, 30/35 V, Elektrolyt
Di	Durchlaßstrom 50 mA, Sperrspannung 30 V
R 1	5,6 kΩ ±10%, ½ Watt
R 2	2,5 kΩ ±10%, ½ Watt


(+)
Impulseingang
C1
50µ
R1
5,6k
C2
100µ
R2
2,5k
i
10
9
Di
6
7
5
i
4
700
1
Ausgangsimpulse
12
i
13
I
II
EIN
24V

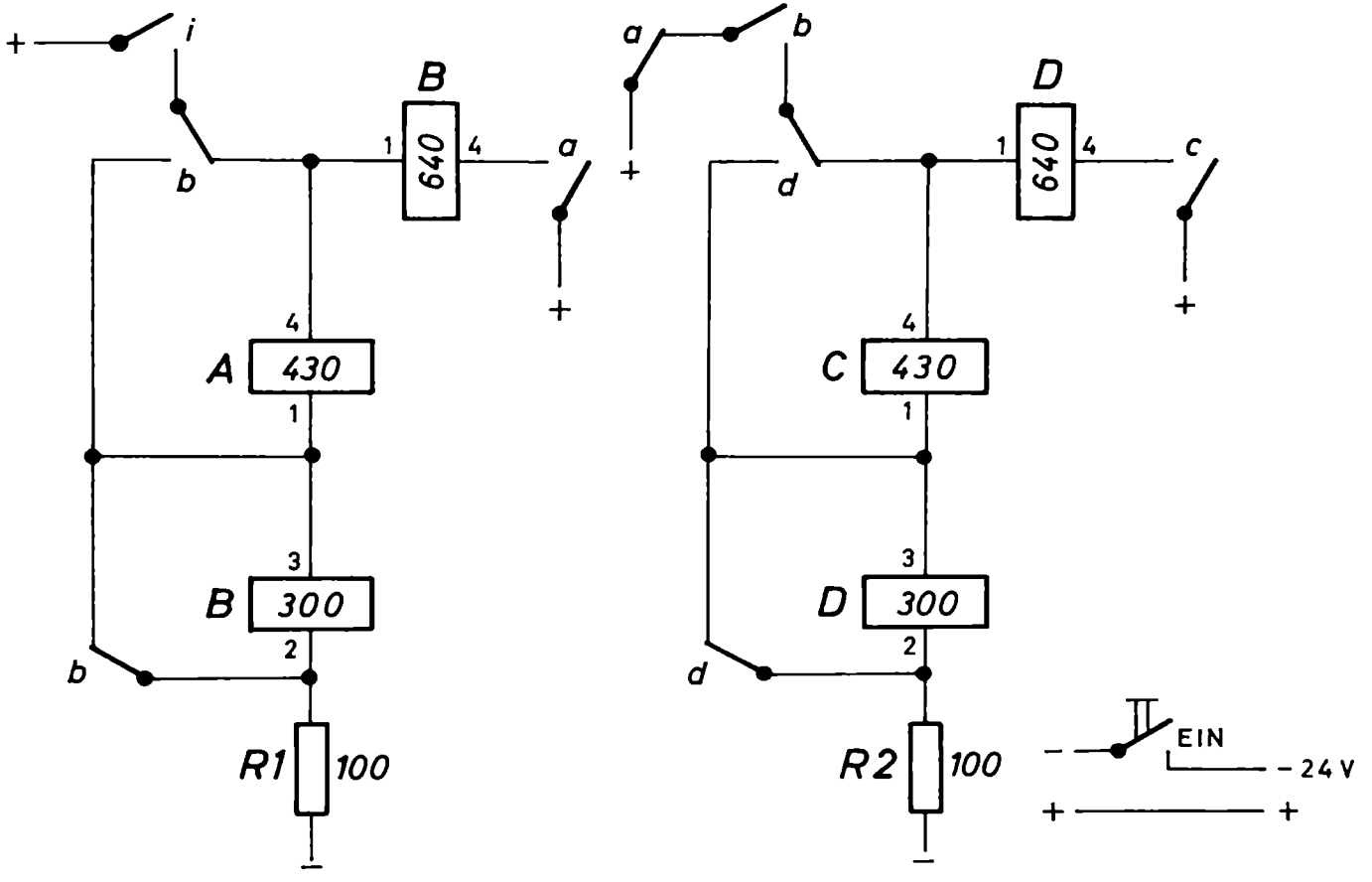
Schaltbeispiel 8

Dualzähler

Das Schaltbeispiel zeigte eine bekannte duale Zählschaltung (bistabile Kippstufe, Flip-Flop). Die Schaltung ist sehr einfach, man benötigt jedoch dazu ein Relais mit zwei Wicklungen. Das Schaltbeispiel ist wieder für 24 V Betriebsspannung und für Kammrelais ausgelegt.

Beim Beginn des ersten Impulses spricht Relais *A* an. Relais *B* kann nicht ansprechen, da beide Wicklungen kurzgeschlossen sind. Wenn der Impulskontakt *i* wieder in seine Ruhestellung zurückgekehrt ist, kann Relais *B* mit seiner Wicklung 1—4 in Reihe mit *A* ansprechen. Gleichzeitig unterbricht *B* mit seinem eigenen Kontakt den Kurzschluß über seine Wicklung 2—3, so daß nunmehr alle drei Wicklungen in Reihe geschaltet sind. Wird Kontakt *i* wieder betätigt, dann wird Relais *A* sowie die Wicklung *B* 1—4 kurzgeschlossen. Relais *B* hält sich während der Impulsdauer mit seiner Wicklung 2—3, um am Ende des Impulses abzufallen. Während des zweiten Impulses, d. h. solange Relais *A* abgefallen ist und *B* noch erregt ist, wird das nächste Flip-Flop mit den Relais *C* und *D* eingeschaltet. Auf diese Weise können beliebig viele Stufen hintereinander geschaltet werden, und man erhält einen Zähler nach dem Binärcode. Der Widerstand *R 1* dient als Schutzwiderstand. Wenn der Impulskontakt zum zweiten Male die Impulsleitung unterbrochen hat, fällt Relais *B* ab, und damit befindet sich die erste Stufe wieder in Ruhestellung. Nach zwei weiteren Impulsen wird die (nicht gezeichnete) dritte Stufe in 1-Stellung gebracht. Eine Tabelle, wie die verschiedenen Stufen nach dem Binärcode ein- und ausgeschaltet werden, ist in Schaltbeispiel 10 beschrieben.

A, C	T.rls. 154 d T.Bv. 65420/93 e (Siemens)
B, D	T.rls. 154 d T.Bv. 65432/93 e (Siemens)
R 1, R 2	100 Ω ±10%, 4 Watt (nur für kurzzeitige Belastung!)


+
i
B
b
1
640
4
a
+
4
A
430
1
3
B
300
2
b
R1
100
a
b
D
+
d
1
640
4
c
+
4
C
430
1
3
D
300
2
d
R2
100
EIN
– 24 V
+
+

Schaltbeitpiel 9

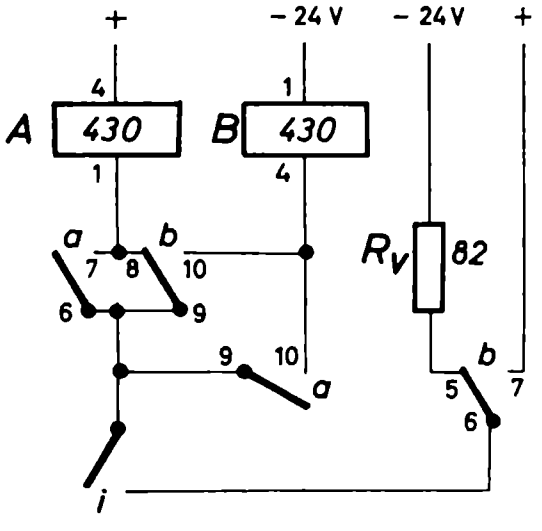
Duale Zählschaltungen

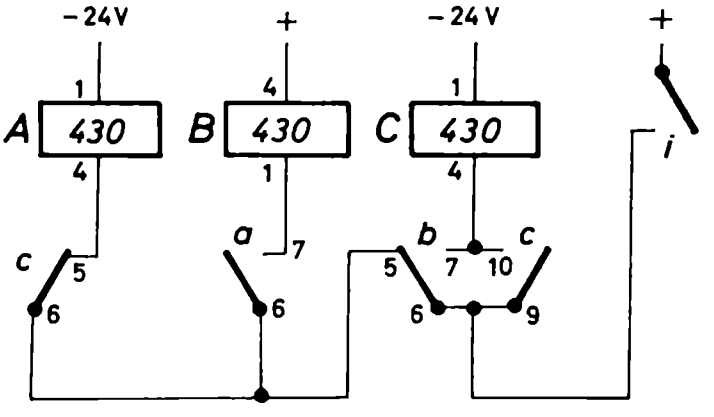
Das Flip-Flop in Schaltbeispiel 8 hat den Nachteil, daß Relais mit zwei Wicklungen benötigt werden, was für den Nachbau vielleicht Schwierigkeiten bringt. Die beiden nachstehenden Schaltungen vermeiden diesen Nachteil, aber das Ei des Kolumbus verkörpern sie trotzdem nicht. Die vielen Varianten, die man sich zu diesem Thema ausdenken kann, sind jeweils nur für einen bestimmten Zweck optimal.

Das Relais *A* in der linken Schaltung spricht beim erstmaligen Schließen des Impulskontaktes *i* an und bereitet Relais *B* zum Ansprechen vor. Dieses wird erregt, sobald der Impulskontakt wieder in seine Ruhelage zurückkehrt, und spricht in Reihe mit *A* an. Ein *b*-Kontakt schaltet die Impulsleitung von Minus nach Plus um. Beim abermaligen Schließen von *i* wird *A* abgeworfen, und *B* fällt nach dem Öffnen des *i*-Kontaktes ebenfalls ab.

Der Nachteil dieser Schaltung ist, daß man zwei Impulsleitungen benötigt und daß an den Kontakt *b* 5—6—7 Plus und Minus geschaltet sind. Klebt der Kontakt, dann fließt über den Schutzwiderstand R_V ein hoher Strom, und falls der Schutzwiderstand nicht mit 10 Watt belastbar ist, brennt er nach einiger Zeit durch. Diese beiden Nachteile vermeidet die nächste Schaltung, die dafür aber drei Relais benötigt. Nach dem ersten Impuls sind wiederum *A* und *B* eregt. Bei Beginn des zweiten Impulses kann *C* ansprechen, das *A* abschaltet, und dieses wiederum läßt *B* abfallen. Wenn der Impulskontakt in seine Ruhelage zurückkehrt, sind alle drei Relais wieder in Ruhestellung.

A, B, C	T.rls. 154 d T.Bv. 65420/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 80 - 1 (Zettler)
R_V	82 Ω ± 10%, 4 Watt (nur für kurzzeitige Belastung!)


+
− 24 V
− 24 V
+
A
430
B
430
4
1
1
4
a
b
7
8
10
6
9
9
10
a
R_V
82
b
5
7
6
i


− 24 V
+
− 24 V
+
A
430
B
430
C
430
1
4
4
1
1
4
c
5
6
a
7
6
b
c
5
7
10
6
9
i

Schaltbeispiel 10

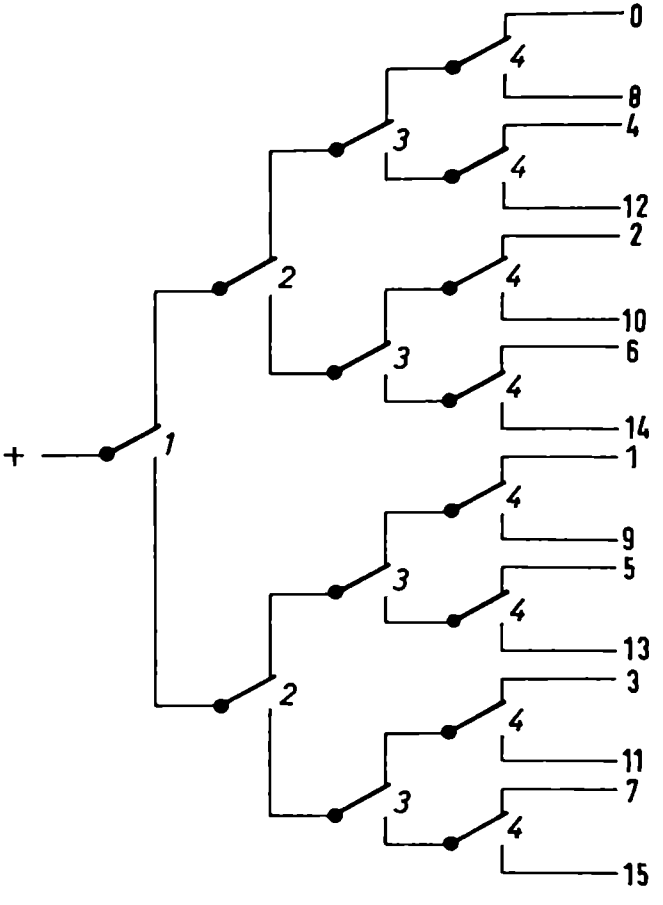
Dekodierschaltung

Zählschaltungen nach dem Binärcode müssen oft mit einer Dekodierschaltung verbunden werden, um das binäre Zahlensystem in das dekadische zu übersetzen. Wie die dualen, aus aneinander gereihten Flip-Flops bestehenden Zählketten zeigen, sind diese Zähler mit dem geringsten Aufwand an Relais verbunden. Leider steigt die zum Dekodieren erforderliche Kontaktzahl mit der Anzahl der Stufen sehr schnell an, so daß man entweder Dekodiermatrizen auf anderer Grundlage (z. B. mit Dioden) verwenden oder Zählketten nach einem andern Code vorsehen muß.

Die im Schaltbeispiel eingezeichneten arabischen Ziffern entsprechen der Nummer des Relaispaares in der Reihenfolge der Stufen vom Eingang aus gerechnet. Um die binäre Eins von der dekadischen Eins unterscheiden zu können, schreibt man für die binäre „1" ein „L". „0" bedeutet, daß das betreffende Flip-Flop in Nullstellung ist, also beide Relais sind abgefallen. „L" deutet die Eins-Stelung an, d. h. am Ende des Zählimpulses sind beide Relais erregt. In der Tabelle ist die der jeweiligen dekadischen Ziffer entsprechende Relaisstellung in der Reihenfolge 4 — 3 — 2 — 1 angegeben, um dadurch die binäre Schreibweise der betreffenden dekadischen Zahl augenfällig zu machen.

Die Schaltung kann 16 Zählimpulse verarbeiten. Der 16. Zählimpuls bringt die Schaltung zurück in die Nullstellung, so daß keine besondere Rückstellung erforderlich ist. Die Kontaktpyramide zeigt, daß bereits bei 4 Stufen für das vierte Relaispaar insgesamt 8 Kontakte allein für die Dekodierung notwendig sind. Zwar ließen sich durch einen geschickteren Aufbau der Kontaktpyramide einige Kontakte einsparen, aber überwältigend geht der Kontaktaufwand nicht zurück.

Relaispaar Nr.				Dekadische
4	3	2	1	Zahl
0	0	0	L	1
0	0	L	0	2
0	0	L	L	3
0	L	0	0	4
0	L	0	L	5
0	L	L	0	6
0	L	L	L	7
L	0	0	0	8
L	0	0	L	9
L	0	L	0	10
L	0	L	L	11
L	L	0	0	12
L	L	0	L	13
L	L	L	0	14
L	L	L	L	15
0	0	0	0	16 = 0



Schaltbeispiel 11

Dekodierschaltungen

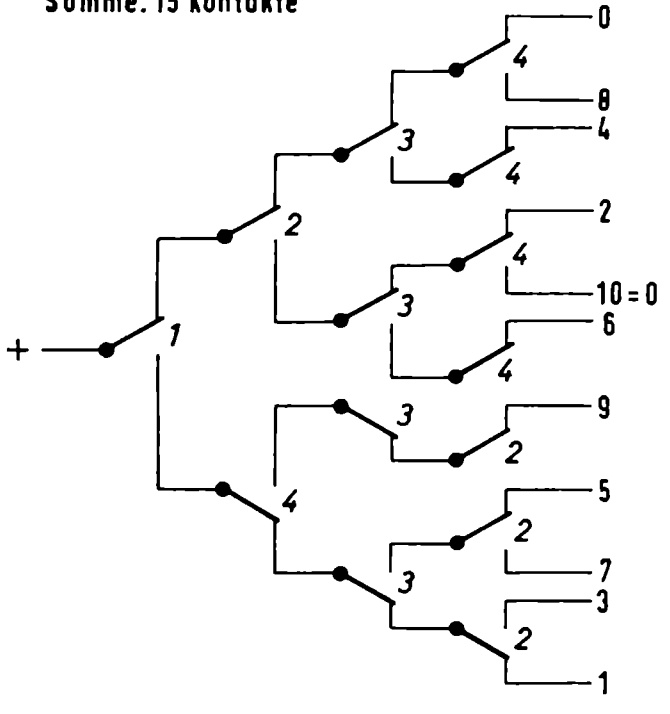
Im vorigen Schaltbeispiel wurde angedeutet, daß es bei Verwendung von Relais für duale Zählschaltungen besonders wichtig ist, eine kontaktsparende Dekodierung zu finden. Trotz solcher Versuche sind Relaisschaltungen dieser Art Grenzen gesetzt.

Die linke Dekodierschaltung ist in ihrer Art ähnlich wie die Kontaktpyramide in Schaltbeispiel 10 aufgebaut. Lediglich die Kontakte der zweiten und vierten Stufe sind teilweise vertauscht, um eine gleichmäßigere Kontaktverteilung zu erreichen. Da in den meisten Fällen dekadisch dekodiert werden soll, wurden nur die Ausgänge bis 10 gezeichnet. Der Ausgang 10 liefert in einem solchen Fall den Rückstellimpuls, um die ganze Kette in den Nullzustand zu setzen. Wie aus der Tabelle links oben ersichtlich, werden trotzdem noch bis zu 5 Kontakte pro Relais benötigt.
Durch weiteres Vertauschen der Kontakte kann man die maximale Anzahl Kontakte pro Relais auf drei senken. Es ist hier die Tatsache ausgenutzt worden, daß nur bis 10 gezählt wird. Das bedeutet, daß verschiedene Kombinationen der Relais 1, 2 und 3 beim Zählen auf 16 zweimal vorkommen (z. B. 3 und 11, 4 und 12, siehe Tabelle im vorigen Schaltbeispiel), beim Zählen auf 10 dagegen nur einmal. Für die Ziffern 3 und 4 genügen damit drei Kontakte zur Unterscheidung.

Mit nur einer weiteren Stufe, also mit insgesamt 10 Relais mit maximal 6 Kontakten (zwei solche Kontaktpyramiden) ließe sich bis 20 zählen. Es sei noch darauf hingewiesen, daß zum Rückstellen über den Rückstellausgang 10 = 1 wohl ein besonderes Relais notwendig sein wird infolge der unterschiedlichen Abfallzeiten der rückzustellenden Relais.

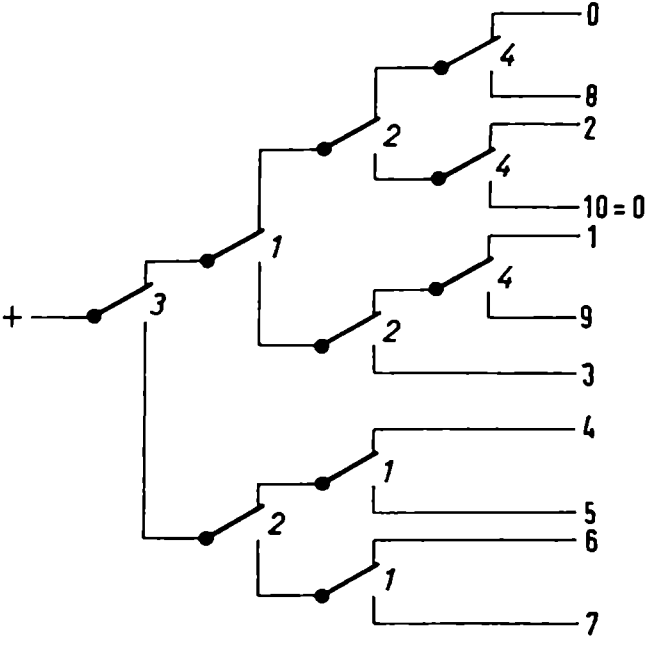
Relaispaar Nr.	1	2	3	4
Anzahl Kontakte	1	5	4	5

Summe: 15 Kontakte



Relaispaar Nr.	1	2	3	4
Anzahl Kontakte	3	3	1	3

Summe: 10 Kontakte



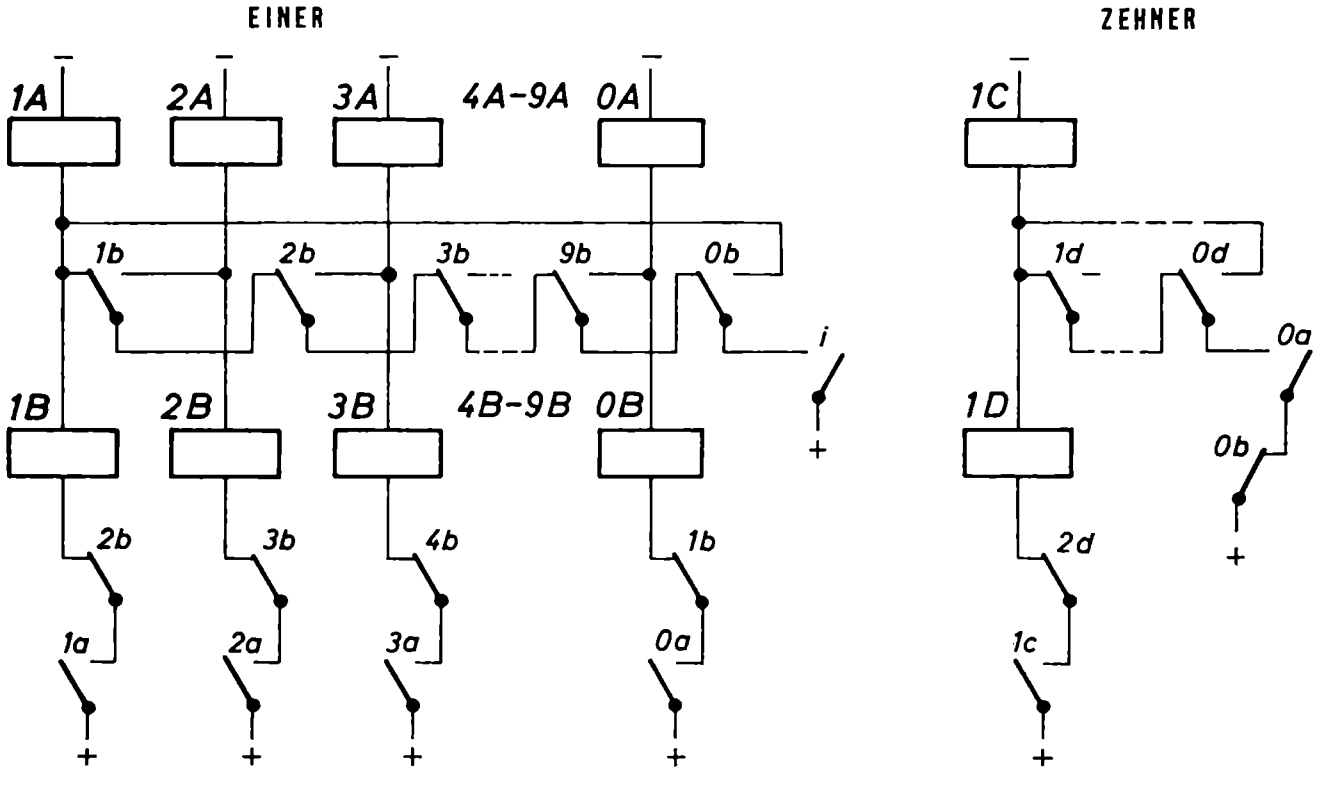
Schaltbeispiel 12

Zyklische Zählkette

Die Zählkette mit zehn Relaispaaren schaltet nach jedem Impuls um ein Relaispaar weiter. Da jeweils nur ein Relaispaar erregt ist, das der Anzahl der Impulse entspricht, ist keine aufwendige Dekodierschaltung notwendig. Nach dem zehnten Impuls spricht wieder das erste Relaispaar an, so daß die Kette zyklisch umläuft. Wie im Schaltbeispiel angedeutet, können mehrere Ketten hintereinandergeschaltet werden, wodurch man beliebig weit dekadisch zählen kann.

Wenn der Impulskontakt *i* schließt, spricht zunächst Relais *1 A* an. Der Kontakt *1 a* schaltet Relais *1 B* an, das jedoch während der Impulsdauer noch nicht ansprechen kann. Erst wenn der Kontakt *i* geöffnet hat, kann Relais *1 B* über die Wicklung *1 A* ansprechen. Mit dem Umschalten der Impulsleitung durch Kontakt *1 b* an Relais *2 A* wird dieses zum Ansprechen vorbereitet. Wenn Kontakt *i* nun wieder schließt, spricht Relais *2 A* an, und nach dem Öffnen von Kontakt *i* auch Relais *2 B*. Relais *2 B* öffnet den Stromkreis für das erste Relaispaar, so daß dieses abfällt. Damit ist, entsprechend den beiden empfangenen Impulsen, das zweite Relaispaar erregt. Nach dem zehnten Impuls schaltet Kontakt *0 b* die Impulsleitung auf das erste Relaispaar zurück, das beim Eintreffen des 11. Impulses wieder anspricht. Während der Dauer des zehnten Impulses, d. h. solange *0 A* erregt ist und *0 b* noch nicht angesprochen hat, wird die nächste Relaiskette eingeschaltet. Mit 20 Relaispaaren kann man somit auf hundert zählen, mit 30 auf tausend.

Aus dem Schaltbeispiel geht hervor, daß man für 10 zu zählende Impulse bereits 20 Relais benötigt, so daß in solchen Fällen die Schaltungen 8 und 9 wirtschaftlicher sind. Erst wenn eine größere Anzahl von Impulsen gezählt und gespeichert werden soll, bringt das nebenstehende Schaltbeispiel Vorteile.


EINER
ZEHNER
1A
2A
3A
4A-9A
0A
1b
2b
3b
9b
0b
i
1B
2B
3B
4B-9B
0B
2b
3b
4b
1b
1a
2a
3a
0a
1C
1d
0d
0a
1D
0b
2d
1c
+

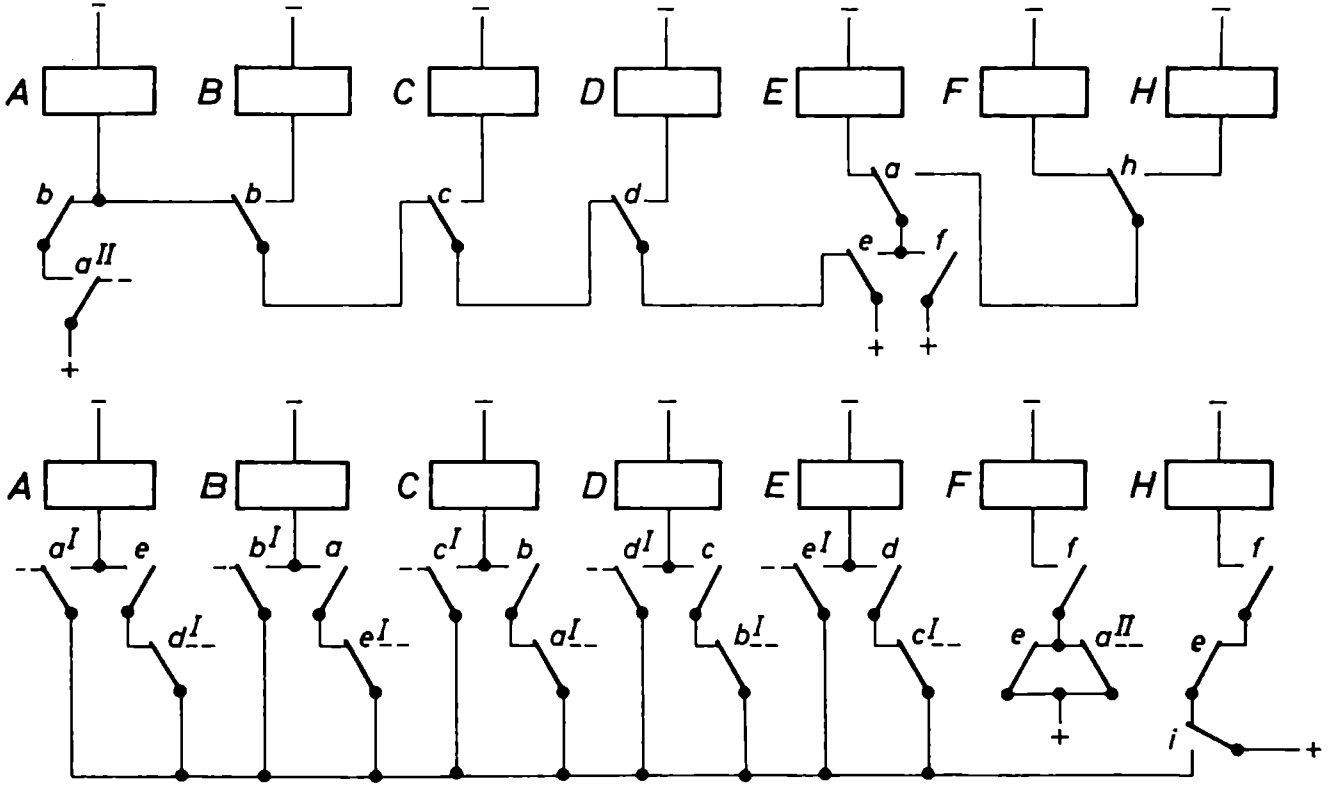
Schaltbeispiel 13

Biquinärzähler

Ein Biquinärzähler zeichnet sich dadurch aus, daß er bis auf 10 zählen kann, obwohl er weniger als 10 Relais hat, nämlich 7. Man löst die Aufgabe dadurch, daß man eine Gruppe von 5 Relais zweimal umlaufen läßt und zwei Hilfsrelais einsetzt, die angeben, ob sich der Zähler im ersten oder zweiten Umlauf befindet.
Nach dem Einschalten spricht zunächst Relais *A* über seine obere Wicklung an und bezeichnet damit die Ziffer *0*. Sobald der erste Impuls eintrifft und der Impulskontakt *i* Plus an die Impulsleitung legt, kann Relais *B* über den geschlossenen *a*-Kontakt auf seiner Anzugswicklung (untere Wicklung) ansprechen. Gleichzeitig schaltet es sich mit seinem eigenen Kontakt an den Haltestromkreis für *A*. Relais *A* kann sich jedoch noch mit seinem eigenen Kontakt für die Dauer des Impulses auf der Impulsleitung halten. Wenn der Impulskontakt *i* wieder in seine Ruhelage zurückkehrt, fällt *A* ab, und es ist nur noch *B* erregt. Durch den nunmehr geschlossenen *a*-Kontakt und den schon vorher betätigten *b*-Kontakt wird *C* mit seiner unteren Wicklung zum Ansprechen vorbereitet. Auf diese Weise rückt die Relaiskette nach jedem Impuls um ein Relais weiter.

Während des 5. Impulses, solange *E* und *A* gleichzeitig erregt sind, kann *F* auf seiner oberen Wicklung ansprechen und sich halten. Wenn *i* in seine Ruhelage zurückkehrt, fällt *E* ab, worauf *H* auf der unteren Wicklung anspricht. Beim nächsten Durchlauf sind beim Eintreffen des 10. Impulses die Relais *E*, *A*, *F* und *H* zunächst erregt. Sobald jedoch *A* angesprochen hat, wird *F* abgeschaltet. Wenn der Impuls jedoch abgeklungen ist, fällt *E* und anschließend auch *H* ab. Damit befindet sich die Kette wieder in der Nullstellung.

Die Schaltung hat den Vorteil, daß man zum Dekodieren keine Kontaktpyramide benötigt, da während der Impulspausen jeweils nur eines der Relais *A* bis *E* erregt ist. Der Übersichtlichkeit zuliebe wurden die Schließ- und Öffnungsseiten von Wechslern getrennt gezeichnet und durch römische Ziffern als zum gleichen Kontakt gehörend gekennzeichnet.
Wir betrachten wieder die Wirtschaftlichkeit dieser Schaltung. Um 10 Impulse zu zählen, werden 7 Relais benötigt. Damit bringt sie keine großen Vorteile gegenüber den früher besprochenen dualen Zählschaltungen. Verlängert man die Kette *A* — *E* um 5 weitere Relais, dann können mit insgesamt 12 Relais erst 20 Impulse gezählt werden. Günstiger ist es daher, zwei solcher Schaltungen *A* — *H* hintereinanderzuschalten, ähnlich wie in Schaltbeispiel 12, wodurch man 100 Impulse, mit 3 Relaisgruppen 1000 Impulse speichern kann.


A
B
C
D
E
F
H
b
b
c
d
a
h
e
f
aII
+
+
+
A
B
C
D
E
F
H
aI
e
bI
a
cI
b
dI
c
eI
d
f
f
dI
eI
aI
bI
cI
e
aII
e
+
i
+

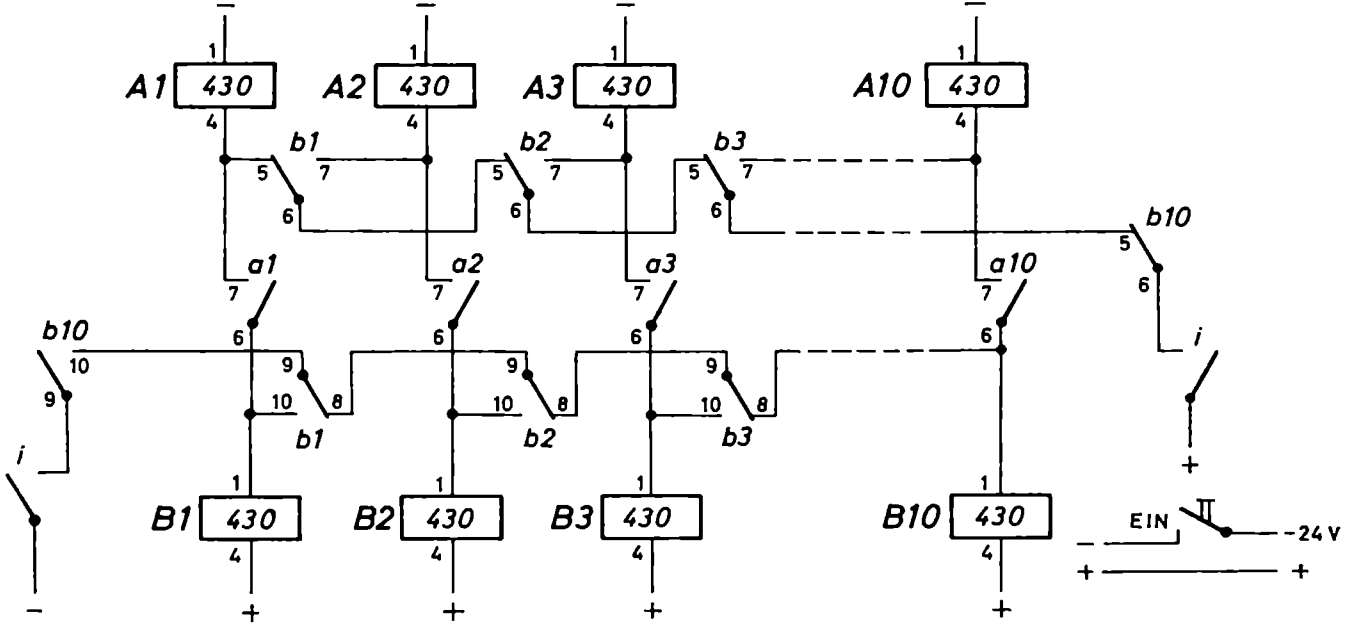
Schaltbeispiel 14

Vor- und rückwärtszählende Relaiskette

Diese etwas aufwendige Relaiskette schaltet bei jedem eintreffenden Impuls ein Relaispaar ein. Wenn alle Relaispaare — im Schaltbeispiel deren 10 — erregt sind, wird durch jeden weiteren Impuls ein Paar nach dem andern abgeschaltet. Auf diese Weise vermag die Kette zwanzig Impulse zu verkraften, wodurch ihr Aufwand uns wieder etwas versöhnt.

Wenn der Impulskontakt *i* (auf der rechten Seite der Schaltung) anspricht, wird Relais *A 1* erregt, das seinen Kontakt schließt und sich an *B 1* anschaltet. Dieses kann jedoch erst ansprechen, wenn der *i*-Kontakt wieder geöffnet hat. Das Relais *B 1* schaltet die Impulsleitung an die nächste Stufe weiter, die beim folgenden Impuls in ähnlicher Weise anspricht. Wenn alle Stufen der Kette erregt sind, wird der rechts gezeichnete Impulskontakt *i* durch den Öffner *b 10* abgeschaltet und dafür der Impulskontakt links wirksam gemacht. Dieser legt Minus an das jeweilige Relaispaar, so daß dessen *A*-Relais abfällt, während sich das *B*-Relais noch über die Impulsdauer halten kann. Nach insgesamt zwanzig Impulsen befindet sich die Kette wieder in ihrer Ausgangsstellung. Will man erreichen, daß die Kette wirklich rückwärts zählt, d. h. beim letzten Relaispaar beginnend abfällt, dann benötigt man noch eine zusätzliche Flip-Flop-Schaltung.

A 1, B 1, A 2 . . . T.rls. 154 d T.Bv. 65420/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 80 - 1 (Zettler)


A1
A2
A3
A10
430
b1
b2
b3
b10
a1
a2
a3
a10
i
B1
B2
B3
B10
EIN
24 V

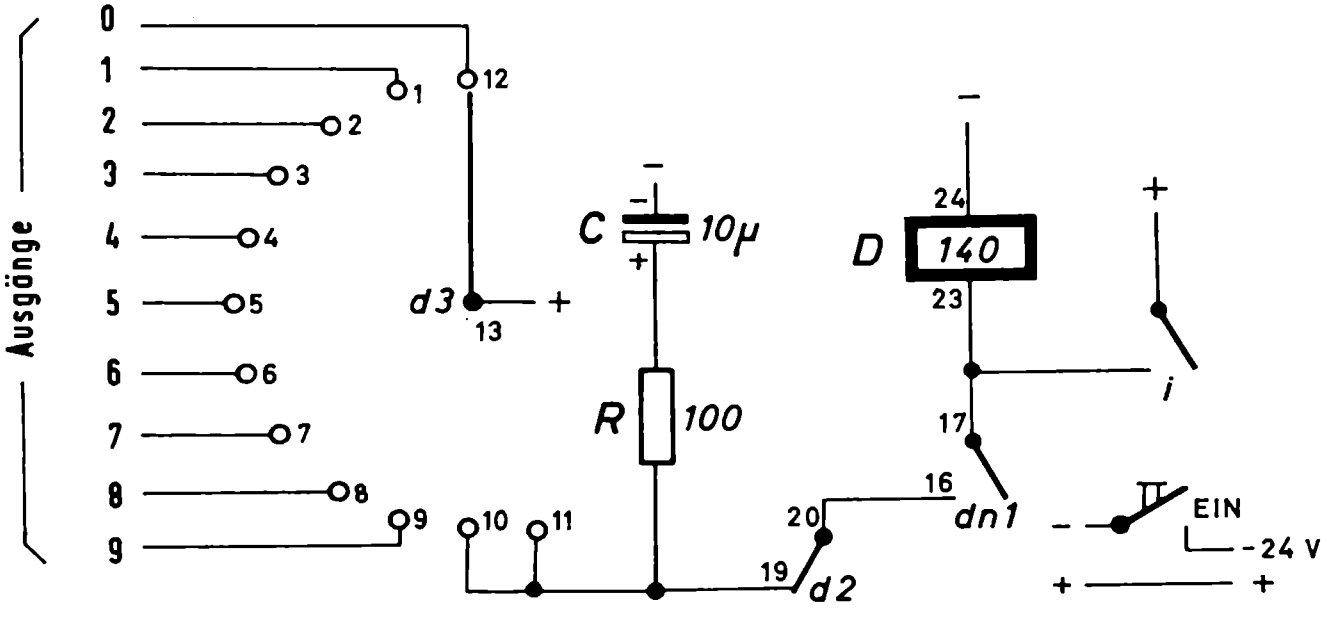
Schaltbeispiel 15

Schrittschaltwerk

Eine weitere Möglichkeit zur dekadischen Zählung von Impulsen bietet das Schrittschaltwerk, das eigentlich ein besonders raumsparend konstruierter Drehwähler ist mit einer Ebene und 12 Stellungen. Dadurch, daß dieser Wähler statt 10 Stellungen deren 12 hat, eignet er sich z. B. zur Steuerung elektronischer Uhren, die, seit die alten Sumerer den Kreis „erfunden" hatten, nach dem Zwölfersystem eingeteilt sind.

Das Schrittschaltwerk ist steckbar, und die im Schaltbild angegebenen Ziffern bezeichnen die Stifte der zugehörigen Steckfassung. Der Drehmagnet *D* wird von einem Impulskontakt *i* erregt und dreht mit jedem Impuls den Schleifarm *d 3* um einen Schritt weiter. Außer dem Schleifarm hat das Schrittschaltwerk vier weitere Kontakte, die unterschiedlich betätigt werden. Soll beispielsweise nur bis 10 gezählt werden, dann muß der Wähler von alleine „heimlaufen", d. h. in seine Nullstellung zurückkehren. In Wirklichkeit läuft er nicht zurück, sondern zwei Schritte weiter. Zu diesem Zweck wird der 10. und 11. Ausgang an die Wicklung angeschlossen. Der Selbstunterbrecher *d 2* ist nun so einjustiert, daß er die notwendigen Impulse aus der angelegten Gleichspannung selbst erzeugt. Voraussetzung ist allerdings, daß das RC-Glied in der richtigen Weise bemessen ist. Damit der Wähler nicht über seine Ausgangsstellung hinausläuft, öffnet der Nullkontakt *dn 1*, wenn der Wähler die Nullstellung erreicht hat, und unterbricht den Stromkreis für die Rückstellung.

D	Fg. schw. 128 f Fg.Bv. 58 y 1/5009/2 mit Fassung Fg. grpl. 173 a (Siemens)
C	10 µF, 70/80 V
R	100 Ω ±10%, ½ Watt

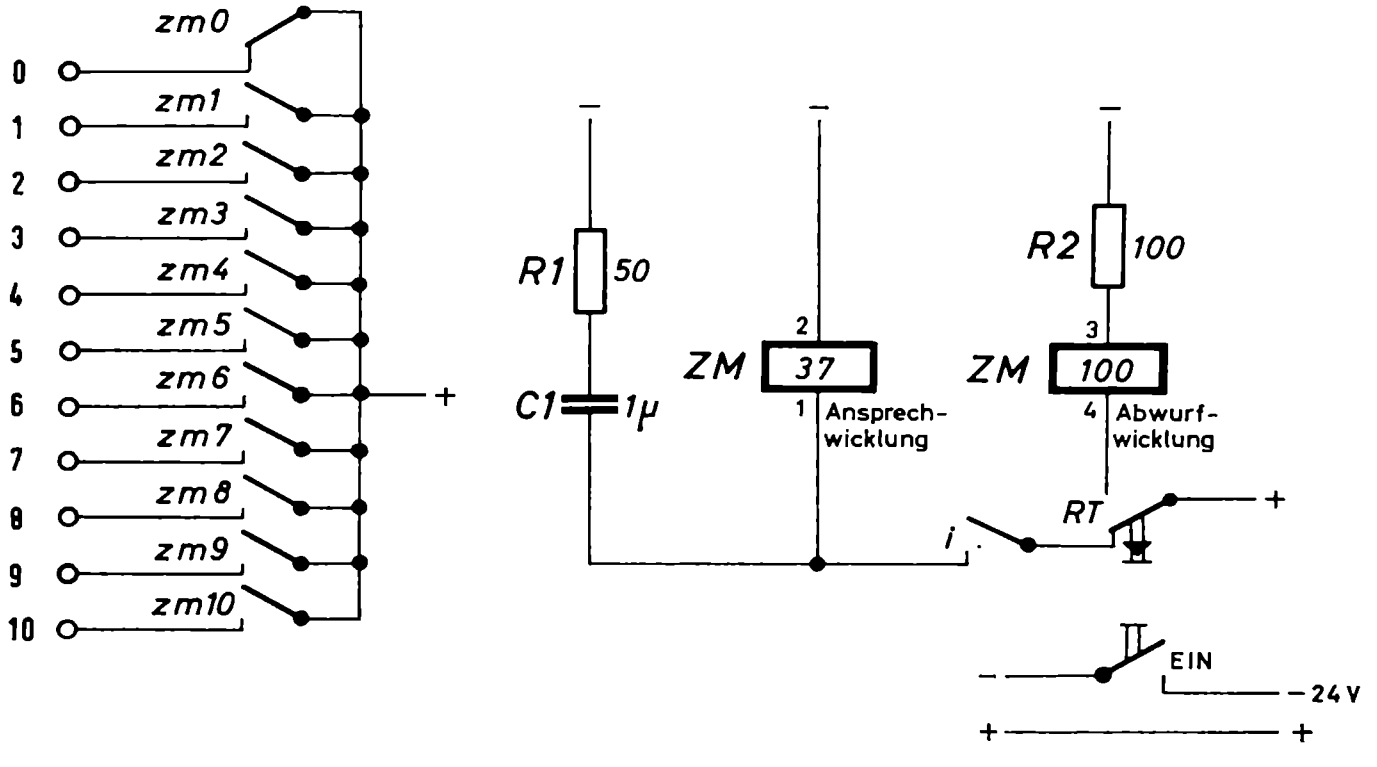

Ausgänge
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
1
2
3
4
5
6
7
8
9
12
d3
13
+
C
10µ
R
100
10
11
19
d2
20
16
dn1
17
24
D
140
23
i
+
EIN
-24 V

Schaltbeispiel 16

Schaltung mit Zählmagnet

Schaltungen zum Zählen von Impulsen oder zur Frequenzteilung spielen in der Technik eine große Rolle, so daß es eine Unzahl von Möglichkeiten dafür gibt, die alle ihre Vor- und Nachteile haben. Eine der elegantesten Lösungen bietet der Zählmagnet. Auf kleinstem Raum und mit geringstem Aufwand an Schaltmitteln sowie ohne erforderliche Decodierschaltung gestattet er, dekadisch auf 10 zu zählen. Der Zählmagnet ist im Grunde ein Relais mit 10 Ankern, die nacheinander ansprechen, in der Reihenfolge der empfangenen Impulse. Durch das Abwägen der magnetischen und mechanischen Kräfte erreicht man, daß für alle zehn Anker zusammen nur *eine* Ansprechwicklung benötigt wird und jeweils nur *ein* Anker ansprechen kann. Diese zehn Kontakte, die vom entsprechenden Anker betätigt werden, sind elektrisch nicht miteinander verbunden. Man kann also — im Gegensatz zum Schaltbeispiel — durchaus zehn getrennte Stromkreise damit schalten, was beispielsweise bei einem Drehwähler nicht möglich ist. Ein zusätzlicher Nullkontakt dient weiteren Schaltungsaufgaben. Das Funkenlöschglied wird mit den angegebenen Werten von der Lieferfirma empfohlen. Für die Impulsgabe sowie für die Rückstellung sind gewisse Mindestzeiten zu beachten, die unter 50 Millisekunden liegen. Werden mehrere Abwurfwicklungen in Reihe geschaltet, dann erhöhen sich die Mindestzeiten für den Rückstellimpuls. Statt der gezeichneten Rückstelltaste *RT* wird der Zählmagnet meist durch einen Steuerkontakt in der jeweiligen Schaltung abgeworfen. Zählmagneten sind für 24 V und 60 V lieferbar.

ZM Zählmagnet 2426-530-1 (SEL)


zm0
zm1
zm2
zm3
zm4
zm5
zm6
zm7
zm8
zm9
zm10
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
+
R1
50
C1
1µ
ZM
2
37
1
Ansprech-
wicklung
R2
100
ZM
3
100
4
Abwurf-
wicklung
RT
i
+
EIN
24 V
+
+

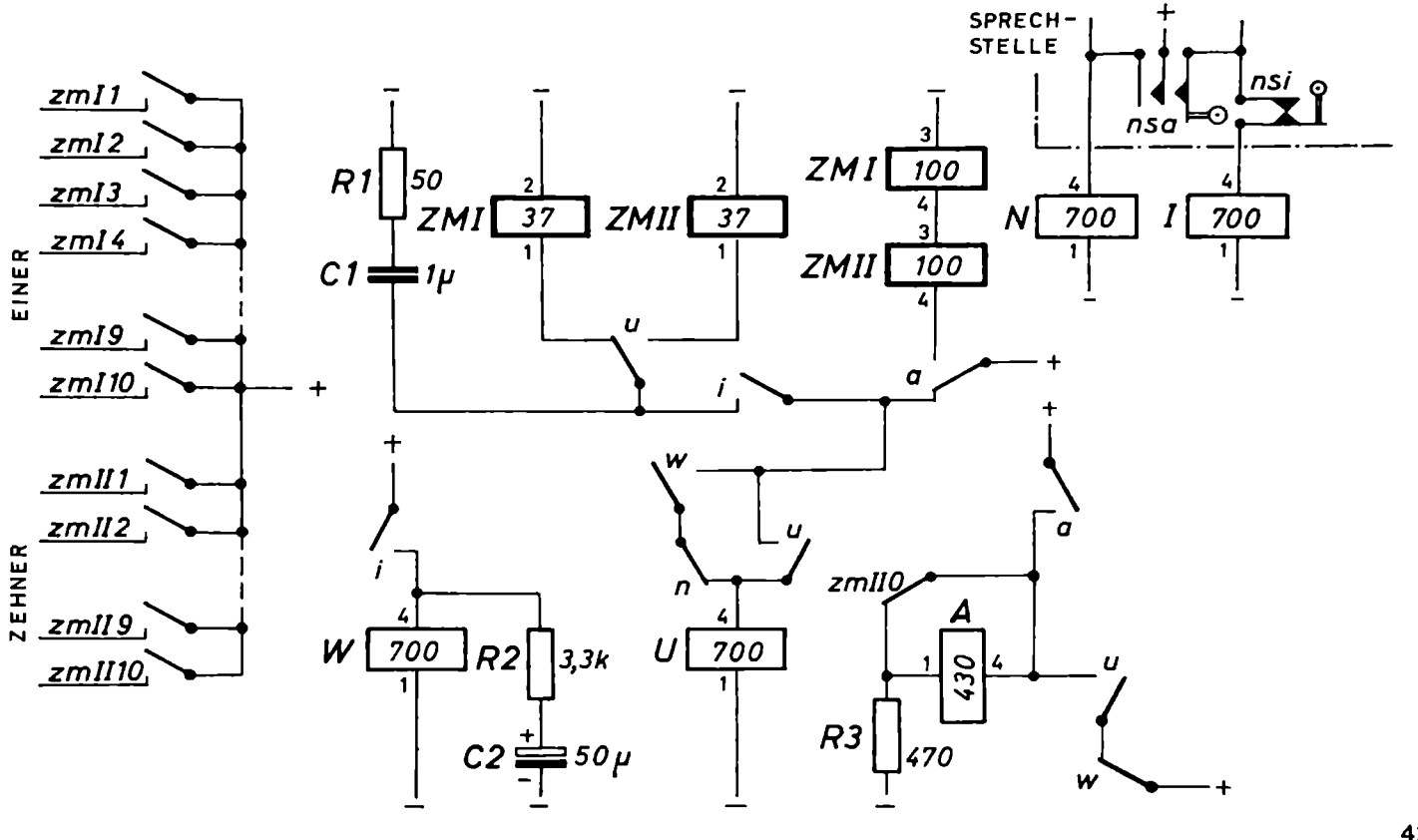
Schaltbeispiel 17

Zählung von Wählimpulsen

Für den in der vorigen Schaltung beschriebenen Zählmagneten wird ein praktisches Schaltbeispiel zum Zählen von Impulsen, wie sie von der Nummernscheibe eines normalen Fernsprechapparates abgegeben werden, gezeigt.

Von den im Fernsprechapparat vorhandenen Kontakten sind der Nummernscheiben-Impulskontakt *nsi*, der die Wählimpulse erzeugt, sowie der *nsa*-Kontakt gezeichnet, der schließt, sobald die Wählscheibe aus der Ruhestellung gedreht wird. Das Impulswiederholrelais *I* schaltet den Zählmagneten *ZMI* nach jedem Impuls um einen Schritt weiter. Gleichzeitig wird durch einen *i*-Kontakt das Wahlbegleitrelais *W* erregt, das abfallverzögert ist und sich während der Impulspausen hält. Relais *N* wird während des Aufziehens und Ablaufens der Nummernscheibe vom *nsa*-Kontakt erregt, so daß Relais *U* noch nicht ansprechen kann. Am Ende der Wahl fällt *N* sofort, *W* jedoch verzögert ab. Während dieser Zeit kann Relais *U* ansprechen und die Impulsleitung auf *ZMII* zur Aufnahme der nächsten Impulsserie umschalten. Ist die zweite Impulsserie zu Ende, dann kann Relais *A* ansprechen und die beiden Zählmagnete zurückstellen. Soll die Stellung der Zählmagnete während des Gesprächs erhalten bleiben, dann wird die Schaltung entsprechend abgewandelt und die Rückstellung der Zählmagnete zu einem andern Zeitpunkt vorgenommen.

ZMI, ZMII	Zählmagnet 2426-530-1 (SEL)
I, N, U, W	T.rls. 154 d T.Bv. 65421/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 70 - 1 (Zettler)
A	T.rls. 154 d T.Bv. 65420/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 80 - 1 (Zettler)
R 1	50 Ω ±10%, ½ Watt
R 2	3,3 kΩ ±10%, ½ Watt
R 3	470 Ω ± 10%, 2 Watt
C 1	1 µF, 30/35 V
C 2	50 µF, 30/35 V


SPRECH-
STELLE
nsi
nsa
zmI1
zmI2
zmI3
zmI4
EINER
zmI9
zmI10
zmII1
zmII2
ZEHNER
zmII9
zmII10
R1 50
C1 1µ
ZMI 37
ZMII 37
ZMI 100
ZMII 100
N 700
I 700
u
i
a
w
n
W 700
R2 3,3k
C2 50µ
U 700
zmII0
A 430
R3 470

Schaltbeispiel 18

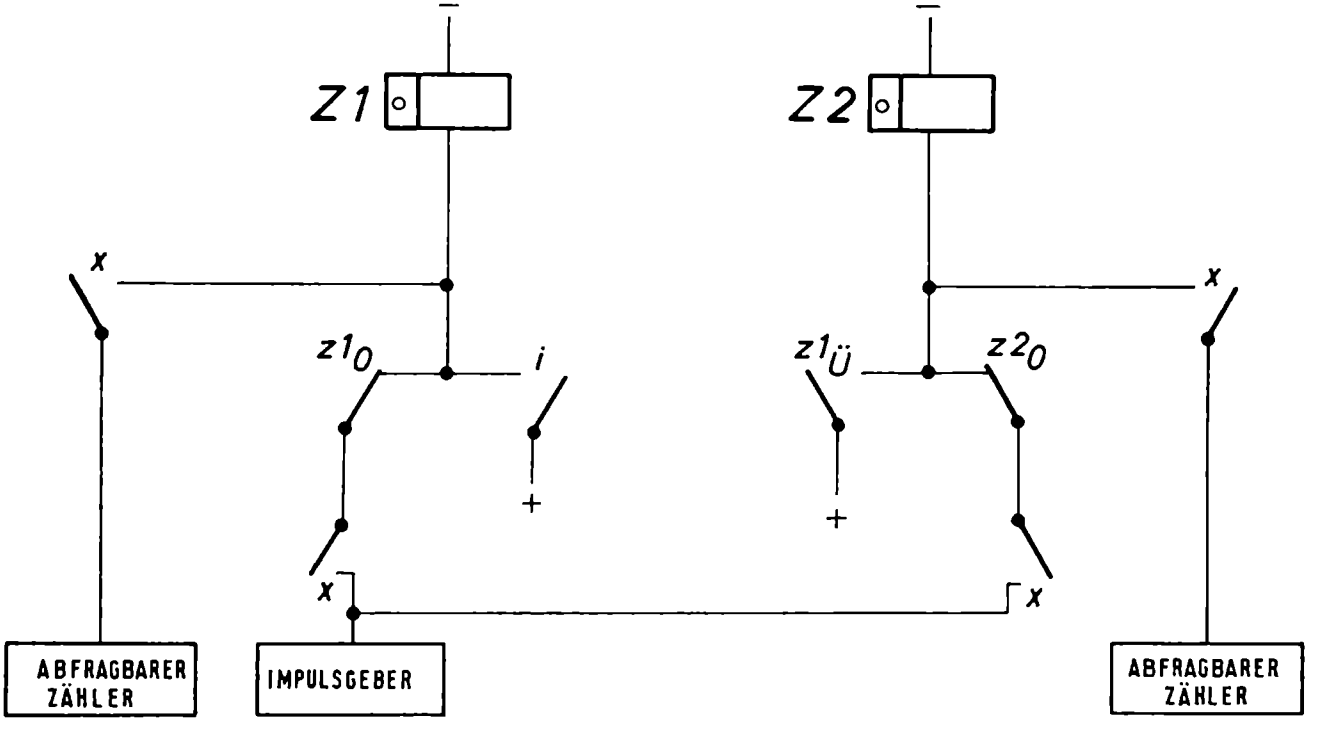
Elektromechanischer Zähler

Um den Reigen der Zählschaltungen voll zu machen, sei noch der elektromechanische Zähler angeführt. Dieser besitzt für jede Stelle ein Zählrelais, das über eine Klinke eine Zahlenrolle betätigt, wodurch der Zählerstand, also die Anzahl der empfangenen Impulse, optisch angezeigt wird.

Ein Zählrelais hat — von einigen Sonderausführungen abgesehen — den Nachteil, daß man es nicht statisch abfragen kann, d. h. man kann den jeweiligen Zählerstand zwar ablesen, aber nicht elektrisch auswerten.

Man muß daher jedem der in einem Zähler zusammengefaßten Zählrelais nun so viele Impulse zuführen, daß es auf null gestellt wird. Die Nullstellung wird dann durch den Nullkontakt $z1_0$ bzw. $z2_0$ elektrisch angezeigt. Die Anzahl der notwendigen Impulse zur Nullstellung ist demnach die Zehnerergänzung, mit der man auf die urspüngliche Stellung des Zählers schließen kann. Damit der unten genannte abfragbare Zähler besser ausgewertet werden kann, läßt man ihn elektrisch (nicht mechanisch) rückwärts laufen, d. h. man ordnet seinen Ausgängen die Ziffern 10 — 9 — 8 usw. zu statt 0 — 1 — 2 usw.

Im Schaltbeispiel 18 wird dies so erreicht, daß durch einen Steuerkontakt *x* ein Impulsgeber, z. B. nach Schaltbeispiel 22, an den Zähler geschaltet wird. Parallel zum Zählrelais wird ein abfragbarer Zähler, z. B. nach Schaltbeispiel 15 oder 16, geschaltet. Wenn das Zählrelais die Nullstellung erreicht, schaltet es mit seinem Nullkontakt den Impulsgeber ab. Der abfragbare Zähler zeigt damit nicht den ursprünglichen Zählerstand an, sondern die Ergänzung zu zehn. Der Aufwand bei nur einem Zähler ist groß, hat man aber viele Zähler, dann können diese nacheinander auf diese Weise abgefragt werden. Die einzelnen Zählrelais können zu beliebig großen Zählern, also für beliebig viele Stellen, zusammengeschaltet werden. Jedes Zählrelais schaltet mit seinem Übertragungskontakt beim Übergang von 9 auf 0 das nächste Zählrelais um eine Stelle weiter.


Z1
Z2
x
z1₀
i
z1Ü
z2₀
+
+
x
x
x
ABFRAGBARER ZÄHLER
IMPULSGEBER
ABFRAGBARER ZÄHLER

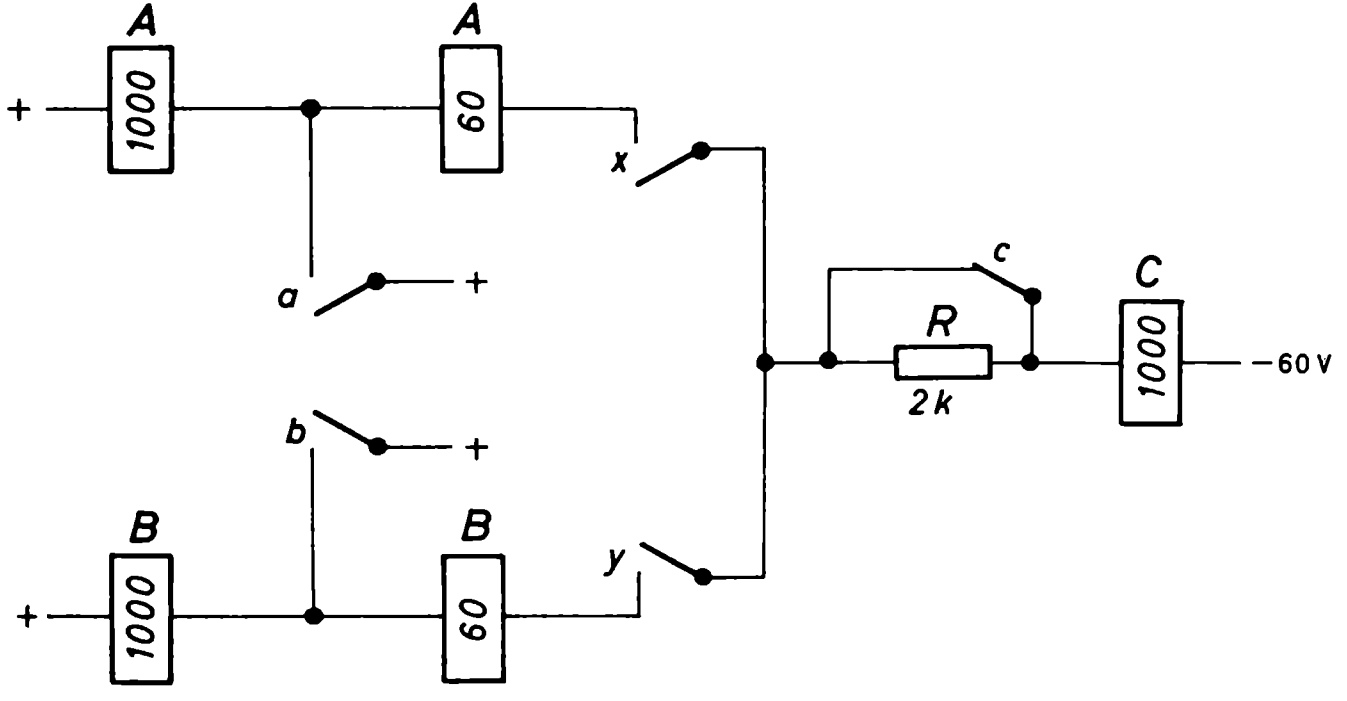
Schaltbeispiel 19

Sperr- und Prüfschaltung

Nachdem wir uns mit dem Schaltbeispiel 17 in die Fernsprechtechnik gewagt haben, soll noch eine weitere Schaltung zu diesem Thema angeführt werden. Es sei allerdings vorausgeschickt, daß die verwendeten Relais auch Fehlstrombedingungen erfüllen müssen. Solche Relais müssen entsprechend eng toleriert sein. In der Amtstechnik sind dies Flachrelais.

Wenn beispielsweise der Steuerkontakt *x* im zugehörigen Verbindungssatz schließt, muß Relais *A* prüfen, ob der betreffende Teilnehmer frei oder besetzt ist. Ist der Teilnehmer frei, dann befindet sich Relais *C* in Ruhestellung, und der Widerstand *R* ist kurzgeschlossen. Damit können die beiden in Reihe geschalteten Relais *A* und *C* ansprechen. Relais *A* schließt mit seinem Kontakt seine hochohmige Wicklung kurz und hält sich über die Wicklung 60 Ω. Relais *C* schaltet den angerufenen Teilnehmer auf „Besetzt", indem es den Kurzschluß über den Widerstand 2 k Ω aufhebt.

Wird der besetzte Teilnehmer von einem weiteren Teilnehmer auf seinen Besetztzustand geprüft, beispielsweise durch Schließen des *y*-Kontaktes, dann kann Relais *B* nicht mehr ansprechen. Relais *B* müßte nämlich nicht nur in Reihe mit *C* und *R*, also zusammen 3000 Ω, ansprechen, sondern parallel zu seinen Wicklungen 1000 und 60 Ω liegt auch die Wicklung A mit 60 Ω. Dadurch verbleiben für Relais *B* noch wenige Volt, die zum Ansprechen nicht ausreichen. Um die Möglichkeit, daß zwei Relais *A*/*B* gleichzeitig auf Relais *C* aufprüfen, gering zu halten, wählt man Relais mit kurzen Ansprechzeiten.

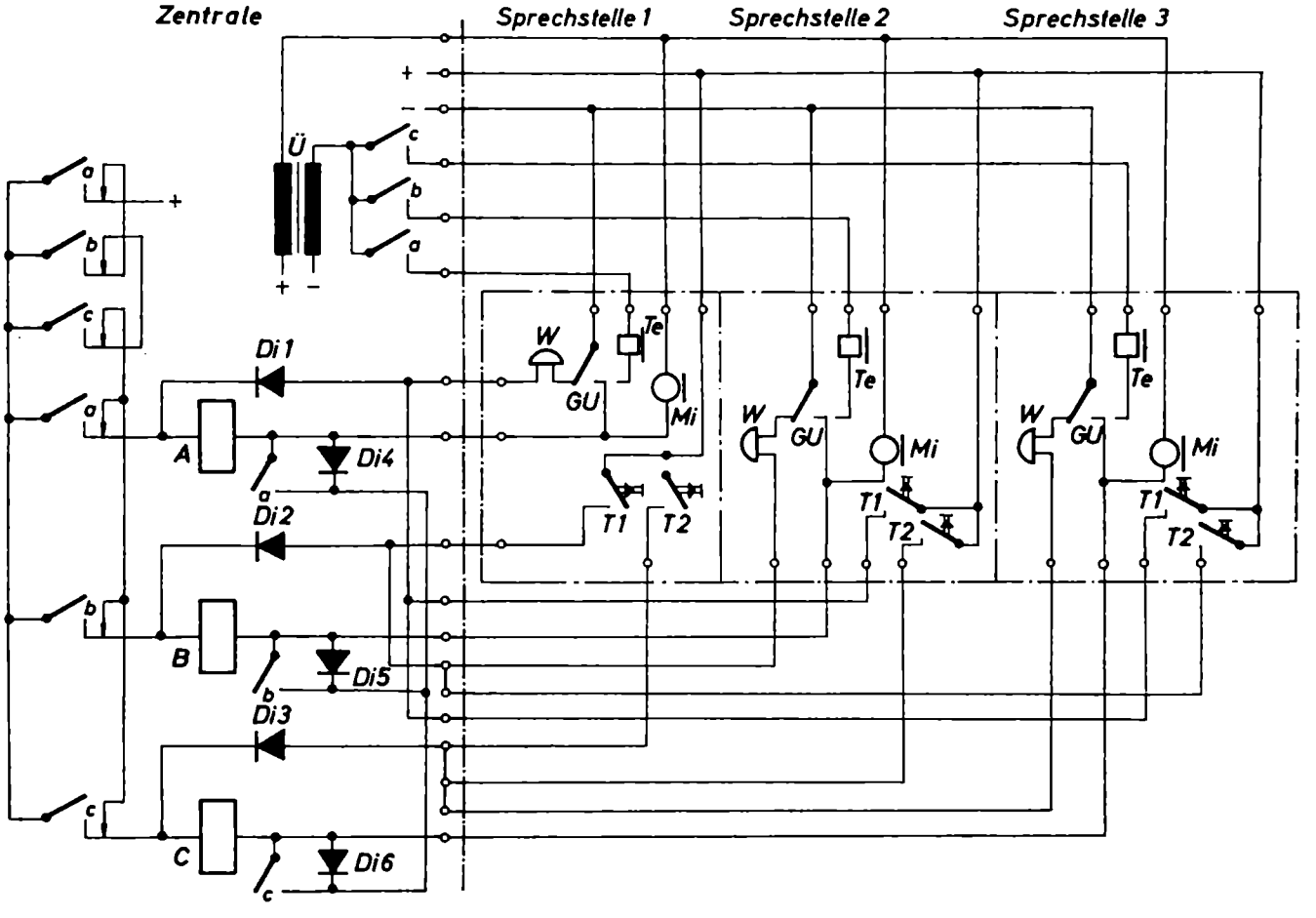

A
1000
+
A
60
x
a
+
c
C
R
2k
1000
−60 V
b
+
B
1000
+
B
60
y

Schaltbeispiel 20

Haustelefonanlage

Der Reigen der Telefonschaltungen soll mit dem Beispiel einer vollständigen Haustelefonanlage — für drei Sprechstellen gezeichnet und beliebig erweiterbar — geschlossen werden. Normalerweise werden in solchen Anlagen keine Relais eingebaut, da das Gesprächsgeheimnis nicht gewahrt zu werden braucht. Will man jedoch verhindern, daß jeder, der den Hörer abhebt, an einem gerade stattfindenden Hausgespräch teilnehmen kann, dann sind Relais unerläßlich. Sofern keine Relais mit Folgekontakten zur Verfügung stehen, kann man auch die Wicklungen mit einem RC-Glied verzögern und statt der Folgewechsler normale Wechsler verwenden.

Beim Abheben, z. B. an Sprechstelle 1, schaltet der Gabelumschalter *GU* das dazugehörige Relais *A* ein, das sich mit seinen Kontakten an die Plusleitung legt und die übrigen Relais davon abtrennt. Ein weiterer *a*-Kontakt schaltet den Hörer an die Sprechader. Es kann nun kein anderes Relais durch einfaches Abheben des Sprechapparates mehr ansprechen. Der rufende Teilnehmer drückt nun eine Ruftaste, z. B. *T 2*, wodurch der Wecker *W* der Sprechstelle 2 ertönt. Gleichzeitig erhält Relais *B* über die Diode *Di 2* Plus und schaltet sich mit seinem Kontakt an die Plusleitung. Wenn der gerufene Teilnehmer abhebt, ist die Verbindung hergestellt. Die Gabelumschalter *GU* legen jeweils Minus an die zugehörige Hör- und Sprechkapsel. Die Hörkapsel *Te* liegt über die Sekundärwicklung des Übertragers *Ü* ebenfalls an Minus, da sie nicht mit Gleichstrom vorgespannt werden darf, während die Sprechkapsel am Pluspol der Batterie liegt. Die Speisespannung liegt für die üblichen Sprechstellen bei 6 V. Der Übertrager soll lediglich verhindern, daß die Sprechströme durch den Siebkondensator der Stromversorgung kurzgeschlossen werden. Das Übersetzungsverhältnis ist nicht kritisch, 1 : 1 genügt. Im Versuch wurde ein Telefonübertrager, wie er in Bastelgeschäften erhältlich ist, verwendet.


Zentrale
Sprechstelle 1
Sprechstelle 2
Sprechstelle 3
Ü
+
−
a
b
c
A
B
C
Di 1
Di2
Di3
Di4
Di5
Di6
W
GU
Te
Mi
T1
T2

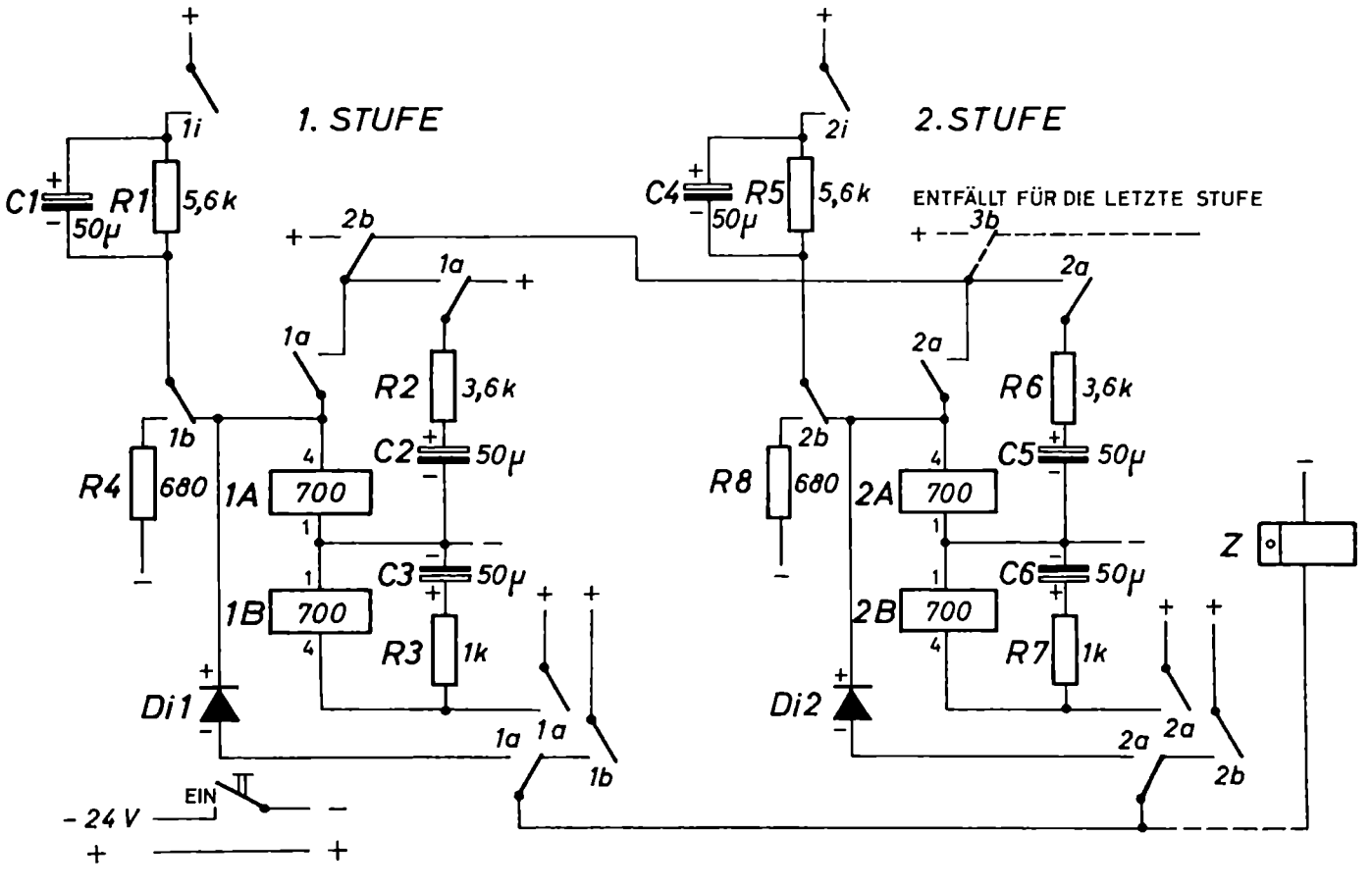
Schaltbeispiel 21

Impulssummierer

Diese patentierte, vom Verfasser entwickelte Schaltung hat den Zweck, die auf mehreren Eingängen *gleichzeitig* einlaufenden Zählimpulse *nacheinander einem* Zähler zuzuführen. Es können beliebig viele Stufen zusammengeschaltet werden. Wird eine Stufe mehr angeschlossen, als Zähleingänge vorhanden sind, so dient diese als Überlaufschaltung für den Fall, daß auf einem Eingang ein Impuls eintrifft, ehe die zugehörige Stufe den vorhergehenden Impuls abgegeben hat.

Der Impulskontakt *1 i* erregt Relais *1 A*, das sich an das RC-Glied *R 2/C 2* schaltet, und gleichzeitig Relais *1 B*. Wir nehmen an, daß ein entsprechender Impuls die Stufe 2 in ähnlicher Weise eingeschaltet hat. Der Kontakt *2 b* schaltet Plus an Relais *1 A*, so daß dieses und *1 B* erregt bleiben. Nach Ablauf der Abfallverzögerung fällt Relais *2 A* ab. In der Zeit, während der *2 B* noch erregt und *2 A* abgefallen ist, wird ein Impuls an den Zähler gegeben. Nach der durch *C 6/C 7* bewirkten Abfallverzögerung fällt auch *2 B* ab. Damit beginnt die Verzögerungszeit für *1 A*, das nun in ähnlicher Weise abfällt. Die RC-Glieder *C 3/R 3, C 6/R 7* usw. bestimmen demnach die Impulsdauer, die RC-Glieder *R 2/C 2, R 6/C 5* usw. die Impulspausen. Die Kette fällt also, bei der letzten Stufe beginnend, ab, wobei leere Speicherstufen übersprungen werden. Die Diode *Di 1* hält *1 A* über die Impulsleitung während der Dauer von Zählimpulsen erregt, wenn beispielsweise die erste und die dritte Stufe gleichzeitig in Eins-Stellung sind.

1 A, 1 B, 2 A ...	T.rls. 154 d T.Bv. 65421/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 70 - 1 (Zettler)
C 1, C 2, C 3 ...	Elektrolytkondensator, 50 µF, 30/35 V
R 1, R 2, R 3 ...	Widerstandstoleranz ± 10 %, ½ Watt Belastbarkeit
Di 1, Di 2 ...	Durchlaßstrom 50 mA, Sperrspannung 30 V
Z	Zähleinheit oder Zähler für 24 V Speisespannung


1. STUFE
2. STUFE
ENTFÄLLT FÜR DIE LETZTE STUFE
C1
R1
5,6k
50µ
C4
R5
5,6k
50µ
R2
3,6k
C2
50µ
R6
3,6k
C5
50µ
R4
680
1A
700
2A
700
R8
680
C3
50µ
C6
50µ
1B
700
2B
700
R3
1k
R7
1k
Di1
Di2
Z
EIN
- 24 V
+
1i
2i
1a
2a
1b
2b
3b
4
1

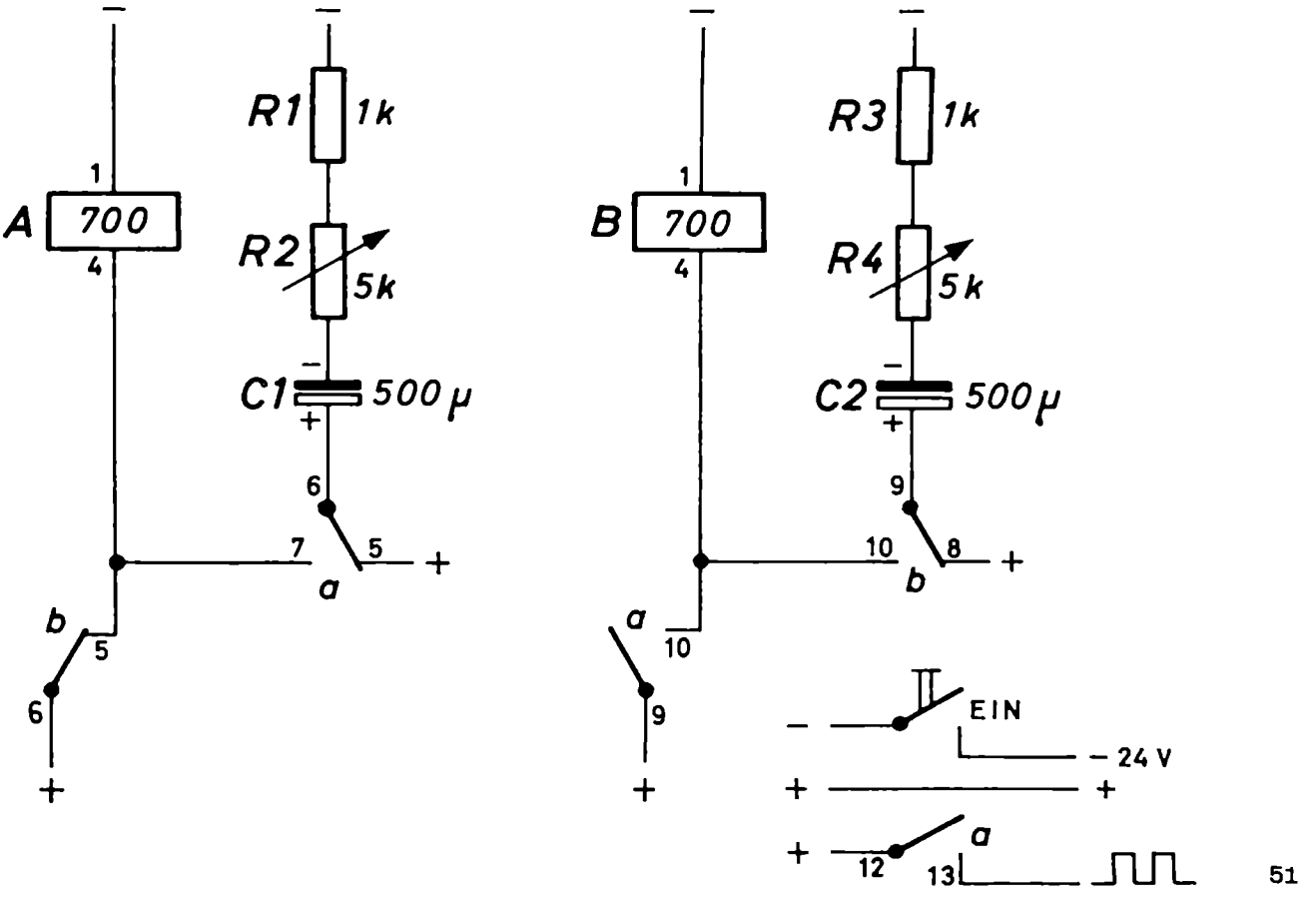
Schaltbeispiel 22

Zerhacker

Nachdem wir Impulse gezählt, ausgewertet und summiert haben, wollen wir auch mal welche erzeugen. Diesem Zweck dient der nachfolgend beschriebene Zerhacker (astabiler Multivibrator), der am Ausgang einen Impulszug mit sauberen Rechteckimpulsen liefert, wobei das Impulsverhältnis und die Anzahl Impulse pro Sekunde in gewissen Grenzen einstellbar sind.

Nach dem Einschalten spricht zunächst Relais *A* an, das mit seinem Kontakt das RC-Glied mit dem geladenen Kondensator *C 1* parallel zu seiner Wicklung schaltet. Gleichzeitig schaltet es Relais *B* an die Speisespannung. Relais *B* trennt Relais *A* wieder ab, und nach dessen Abfall fällt auch *B* ab. Beide Relais haben eine einstellbare Abfallverzögerung. Wird ein *a*-Kontakt als Impulskontakt verwendet, dann bestimmt das RC-Glied *C 1/R 2* die Impulslänge und *C 2/R 4* die Impulspause. Die maximale Abfallverzögerung wird mit einem Widerstandswert von etwa 1050 Ω erreicht. Durch Verstellen des Einstellwiderstandes von der Nullstellung ab wird also die Abfallzeit und damit Impulsdauer bzw. -pause verkürzt. Mit einer kleinen Skala am Einstellwiderstand kann die ganze Geschichte geeicht werden, wozu man freilich ein entsprechendes Meßgerät benötigt. Würde man den Reihenwiderstand 1 kΩ weglassen, dann würde die Abfallzeit von etwa 20 ms langsam auf etwa 900 ms ansteigen, um dann bei weiterem Verdrehen des Einstellwiderstandes wieder abzufallen.

A, B	T.rls. 154 d T.Bv. 65421/93 e (Siemens) oder AZ 421 - 70 - 1 (Zettler)
C 1, C 2	Elektrolyt, Spannung 30/35 Volt
R 1, R 3	1 kΩ ±10%, ½ Watt
R 2, R 4	5 kΩ ±10%, ½ Watt

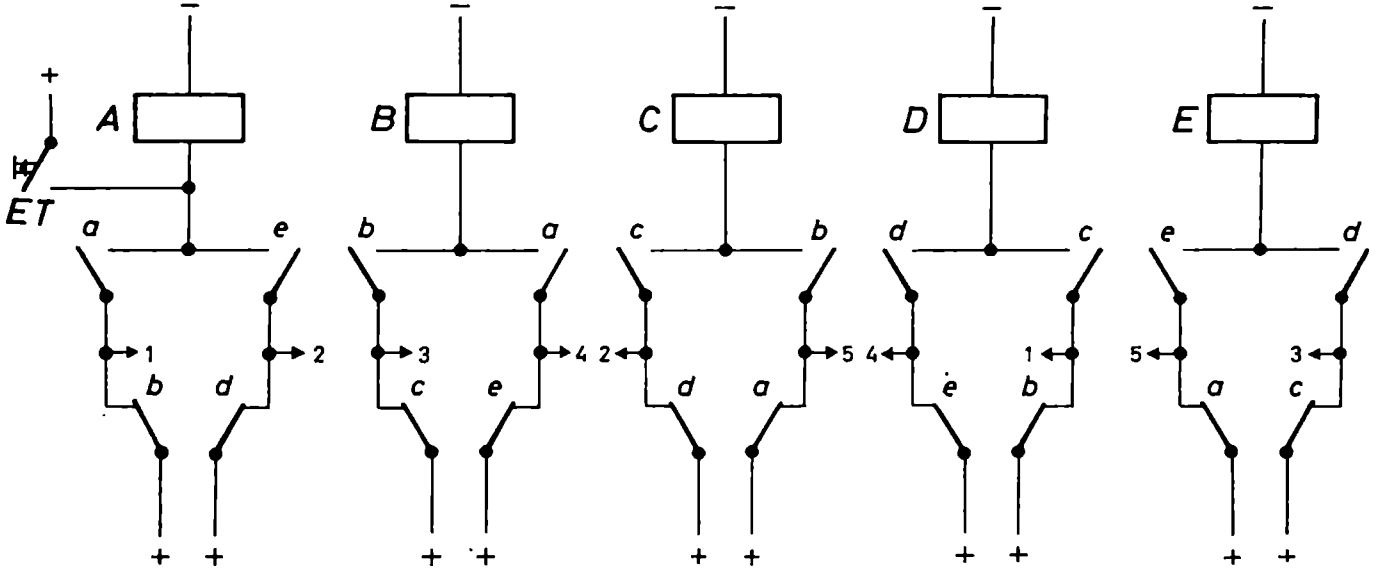

A
700
1
4
R1
1k
R2
5k
C1
500 µ
6
7
5
a
b
5
6
B
700
1
4
R3
1k
R4
5k
C2
500 µ
9
10
8
b
a
10
9
EIN
– 24 V
a
12
13

Schaltbeispiel 23

Rotierende Relaiskette

Soll eine Relaiskette von selbst umlaufen ohne Steuerung von außen, dann kann dies mit geringem Schaltungsaufwand verwirklicht werden. Die Kette wird durch kurzes Drücken der Einschalttaste ET in Umlauf versetzt. Ist dies unerwünscht, weil die Kette beispielsweise nach kurzem Ausfall der Speisespannung nicht selbsttätig wieder anläuft, dann kann man stattdessen eine Verriegelungskette ähnlich Bild 24 vorsehen, die das erste Relais der Kette, Relais *A*, nach jedem Einschalten ansprechen läßt.
Sobald *A* über die Taste erregt wurde, hält es sich mit seinem eigenen Kontakt und schließt den Stromkreis für Relais *B*. Relais *B* spricht an und trennt *A* wieder ab. Gleichzeitig bereitet es den Anzug von *C* vor, das jedoch erst ansprechen kann, wenn *A* abgefallen ist. Auf diese Weise setzt sich die Zeit für das Weiterschalten aus der Anzugs- und der Abfallzeit eines Relais zusammen, was verhältnismäßig wenig ist. Bei Verwendung von Kammrelais würden diese beiden Zeiten zusammen etwa 10 ms ausmachen, was bei 5 Relais etwa 20 Umläufen der Kette innerhalb 1 Sekunde entspricht. Daher wird man die Relais im Abfall verzögern. Beispiele für diese Verzögerungen finden sich in Schaltbeispiel 2 und 3.

Der besseren Übersichtlichkeit halber wurde derselbe Kontakt oft zweimal gezeichnet. Verbindet man die Pfeile mit den gleichen arabischen Ziffern miteinander, dann kann man jeweils einen der beiden Kontakte einsparen. Im Interesse der Lebensdauer empfiehlt es sich, die Kette mit Hilfe von Verzögerungsmaßnahmen langsam umlaufen zu lassen und außerdem für guten Kontaktschutz zu sorgen. Ein RC-Glied erfüllt beide Forderungen zugleich.

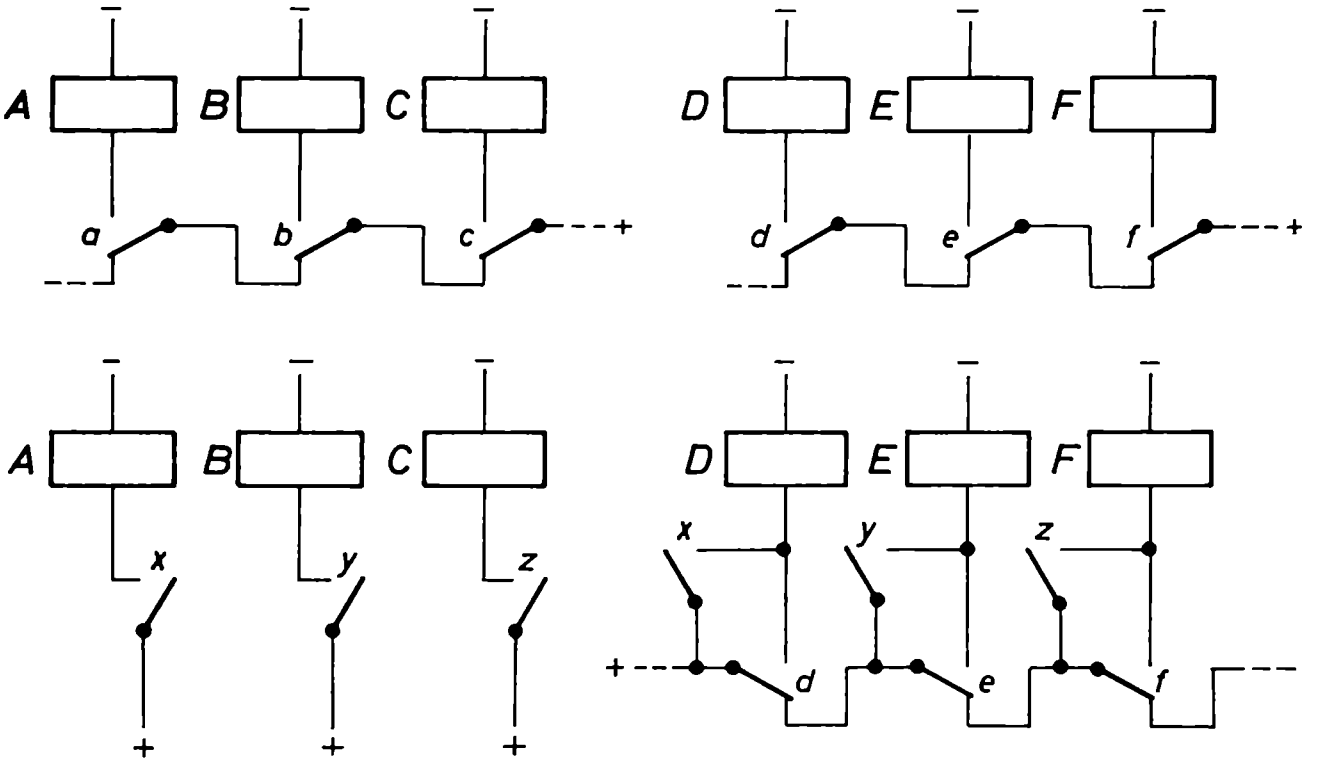

+
ET
A
B
C
D
E
−
a
e
b
a
c
b
d
c
e
d
1
2
3
4
5
b
d
c
e
d
a
e
b
a
c
+

Verriegelungsschaltungen

Eine Verriegelungsschaltung hat den Zweck, bei einer Anzahl von Relais zu verhindern, daß einige bestimmte Relais ansprechen oder abgeworfen werden. Es soll beispielsweise verhindert werden, daß mehr als ein Relais gleichzeitig erregt ist oder daß ein Relais abgetrennt wird, wenn es einmal angezogen hat.

Zu diesem Zweck benützt man Verriegelungsketten. Wenn im linken Schaltbeispiel eines der drei Relais *A*, *B* oder C über seine Ansprechwicklung durch den zugehörigen Steuerkontakt *x*, *y* oder *z* erregt wird, dann hält es sich über seinen eigenen Kontakt und die Haltewicklung. Wenn beispielsweise *B* angesprochen hat, trennt es mit seinem Kontakt die Haltekette für alle davor liegenden Relais auf, in diesem Fall für *A*. Wenn *A* über *x* erregt wird, spricht es zwar an, so lange *x* geschlossen ist, aber danach fällt es wieder ab, weil sein Haltekreis von *b* unterbrochen ist. Leider hat diese Schaltung den Nachteil, daß die in der Kette vorne liegenden Relais die dahinter geschalteten abtrennen können. In diesem Falle kann *C* ansprechen und sich halten, wobei *B* abfällt.

Will man diesen Nachteil vermeiden, dann sieht man für die Ansprech- und Haltekreise zwei entgegengerichtete Verriegelungsketten vor. Wenn beispielsweise Relais *E* angesprochen hat, kann *F* nicht mehr ansprechen. Relais *D* kann über Kontakt *x* zwar erregt werden, da es vorne in der Kette liegt, aber es kann sich nicht über seinen Haltekontakt halten und ebenso wenig das bereits erregte Relais *E* abwerfen. Ein einmal erregtes Relais fällt somit erst wieder ab, wenn ein (nicht gezeichneter) Steuerkontakt die Haltekette unterbricht.


A
B
C
a
b
c
+
D
E
F
d
e
f
+
A
B
C
x
y
z
+
D
E
F
x
y
z
+
d
e
f

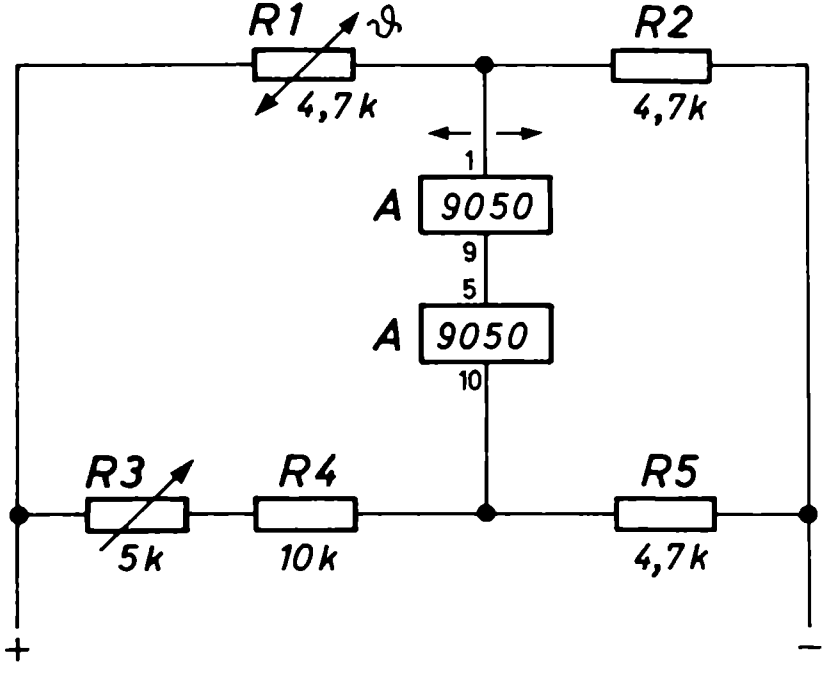
Schaltbeispiel 25

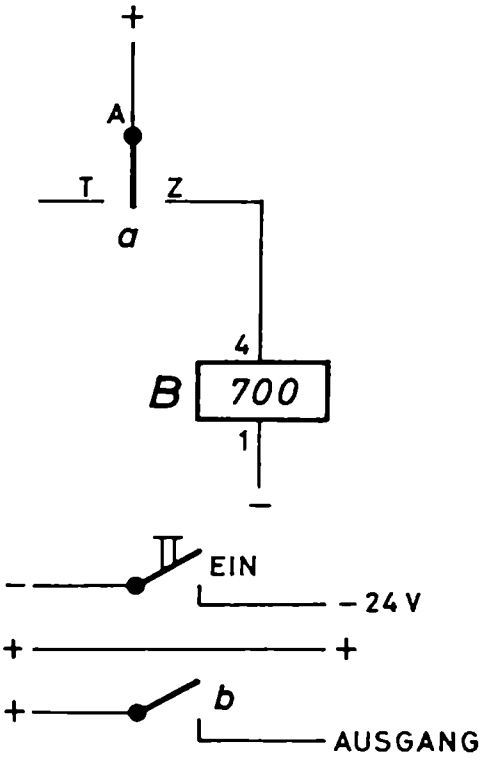
Temperaturregelschaltung

Die nebenstehende Schaltung arbeitet nach dem Prinzip der Wheatstoneschen Brücke, in der ein Brückenzweig durch einen temperaturabhängigen Widerstand veränderlich ist. In der Brückendiagonale befindet sich ein empfindliches Relais, das bei stärkeren Abweichungen vom eingestellten Temperaturwert anspricht und irgendeine Regelschaltung steuert. Selbst mit dem gewählten, äußerst empfindlichen Telegrafenrelais ist die Schaltung doch verhältnismäßig unempfindlich und hält die Temperatur bestenfalls auf $\pm 1\,^{\circ}$C konstant. Aus diesem Grunde ist sie auch nicht für höhere Ansprüche, beispielsweise als Zimmertemperaturregler zur Steuerung von Ölheizungen, geeignet. Sie eignet sich jedoch durchaus, um beispielsweise ein WC vor dem Einfrieren zu schützen, wenn sich der Hausherr im Skiurlaub befindet. Die Widerstandskombination *R 3/R 4* ist daher für den Temperaturbereich um 0 ° C herum ausgelegt. Zur Regelung bei höheren Temperaturen müssen die Widerstandswerte entsprechend verringert werden.

Zunächst ermittelt man durch Versuche, welche Stellung des Einstellwiderstandes der jeweiligen Temperatur entspricht, bei der das Relais *A* anspricht. Um eine zuverlässige Eichung zu erhalten, muß die Temperatur einige Minuten auf den temperaturabhängigen Widerstand *R 1* einwirken. Da die Brücke auf jeden Fall geeicht werden muß, sind die Widerstandstoleranzen nicht kritisch. Um die empfindlichen Kontakte des Telegrafenrelais zu schonen, schaltet dieses erst das Relais *B* ein, das dann den Regelvorgang auslöst. Soll ein Starkstromgerät, z. B. ein Infrarotstrahler verwendet werden, dann muß anstelle des vorgeschlagenen Kammrelais ein Relais mit Starkstromkontakten verwendet werden.

A	T.rls. 65 p T.Bv. 3502/5 (Siemens)
B	T.rls. 154 d T.Bv. 65421/93 e (Siemens)
R 1	B 8 320 08 P/4k7 (Valvo)
R 2 — R 5	Widerstandstoleranz $\pm 10\%$, Belastbarkeit 1/4 Watt


R1
ϑ
4,7k
R2
4,7k
1
A
9050
9
5
A
9050
10
R3
5k
R4
10k
R5
4,7k
+
−


+
A
T
Z
a
4
B
700
1
−
EIN
−24V
+
+
+
b
AUSGANG

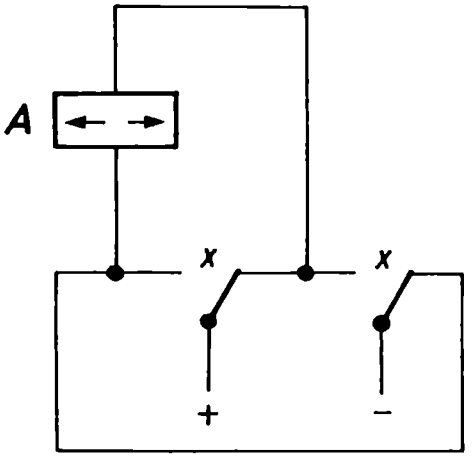
Schaltbeispiel 26

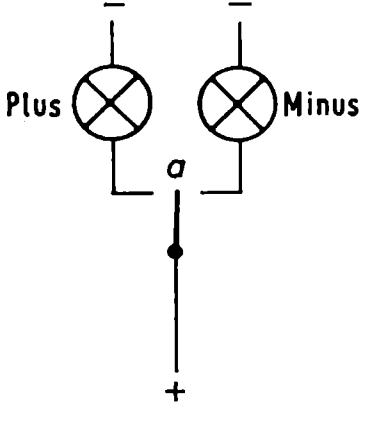
Schaltungen mit gepolten Relais

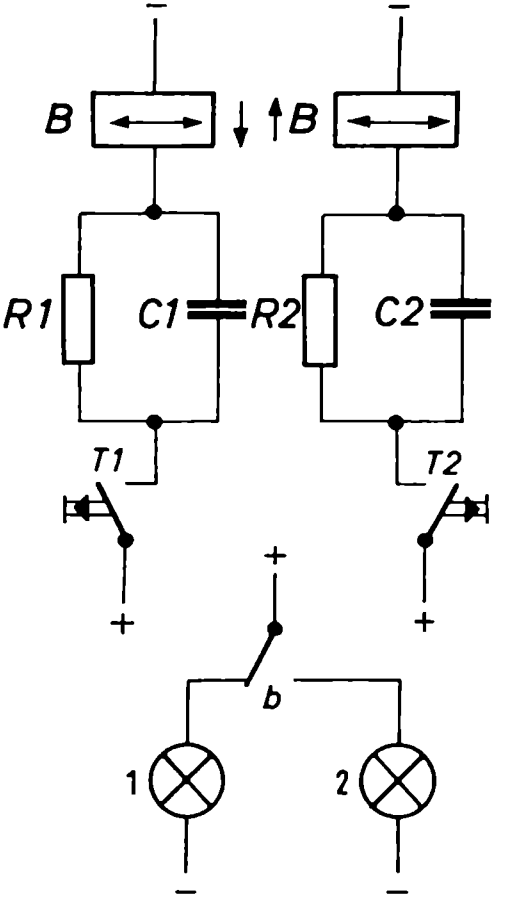
Gepolte Relais haben einen magnetischen Kreis, der im Gegensatz zu den ungepolten Relais nicht aus Weicheisen besteht, sondern aus einem Permanentmagneten. Dadurch sind sie nicht nur wesentlich empfindlicher als die üblichen Relais, sondern sie reagieren auch unterschiedlich auf die Polarität der angelegten Spannung.

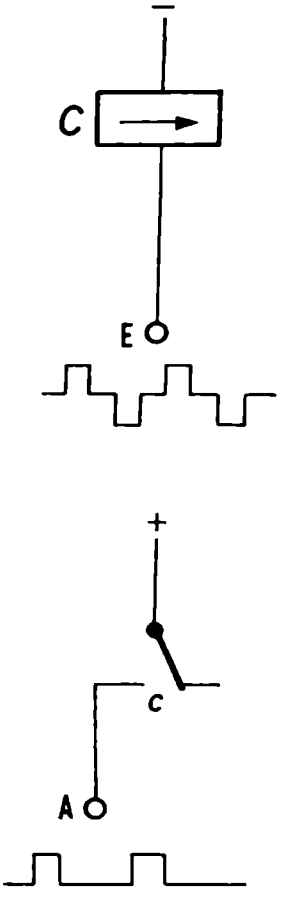
Im linken Schaltbeispiel wird die genannte Eigenschaft eines gepolten Relais dazu ausgenutzt, eine Polaritätsanzeige zu steuern. Je nachdem, ob von den Steuerkontakten *x* und *y* Plus an das eine Wicklungsende und Minus an das andere oder umgekehrt geschaltet wird, schaltet der Kontakt mit mittlerer Ruhelage die linke oder rechte Lampe ein. Statt der beiden Steuerkontakte kann man sich auch ein Meßgerät vorstellen, an das die zu messende Spannung oder Strom angeschlossen wird, wobei das Relais eine Polaritätsanzeige bewirkt. Während der Kontakt von Relais *A* nach Aufhören der Erregerspannung in seine Mittellage zurückkehrt, hat Relais *B* eine zweiseitige Ruhelage. Einmal erregt verbleibt der Kontakt auch nach Abschalten der Erregerspannung in seiner Lage. Durch einen kurzen Impuls, der durch den Kondensator *C 1* oder *C 2* begrenzt wird, schlägt das Relais in die eine oder andere Richtung um. Die beiden Widerstände *R 1* und *R 2* entladen den dazugehörigen Kondensator. Sie müssen so hochohmig sein, daß das Relais auch bei angelegter Spannung nicht über den betreffenden Widerstand ansprechen oder sich halten kann.

Relais *C* schließlich besitzt einen Kontakt mit einseitiger Ruhelage, der nur durch Anlegen einer Spannung mit einer bestimmten Polarität betätigt wird. Auf diese Weise ist es beispielsweise möglich, aus einem Impulszug mit positiven und negativen Impulsen nur die Impulse mit der gewünschten Polarität zu empfangen.


A
x
x
+
–


Plus
Minus
a
+


B
B
R1
C1
R2
C2
T1
T2
+
+
b
1
2
–
–


C
E
+
c
A

Schaltbeispiel 27

Schaltungen mit Differentialrelais

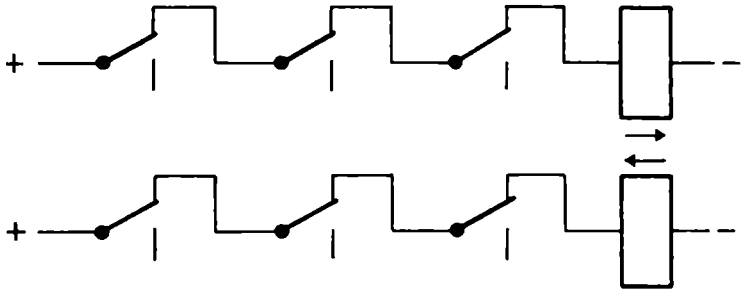
Ein Differentialrelais hat zwei gegeneinander geschaltete Wicklungen mit gleicher Windungszahl und gleichem ohmschen Widerstand. Weicht nun die Erregung einer der beiden Wicklungen nach oben oder unten gegenüber der andern Wicklung um einen bestimmten Betrag ab, dann kann das Relais ansprechen und eine Alarmschaltung betätigen, da es meist Überwachungsaufgaben hat.

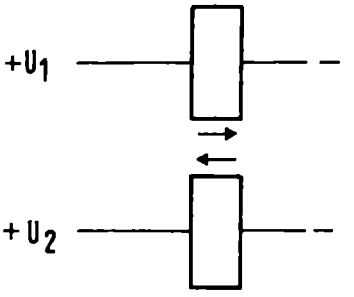
Im ersten Beispiel überwacht das Differenzrelais zwei Kontaktketten. Bei langen Kontaktketten, wie sie in Schaltbeispiel 14 oder 24 angedeutet sind, kann es infolge Kontaktstörungen oft zu Unterbrechungen kommen. Man verdoppelt daher die Kette und überwacht sie mit dem Differentialrelais. Wenn alle Kontakte der beiden Ketten in der Ruhelage sind und eine Kette unterbrochen ist, kann das Relais ansprechen.

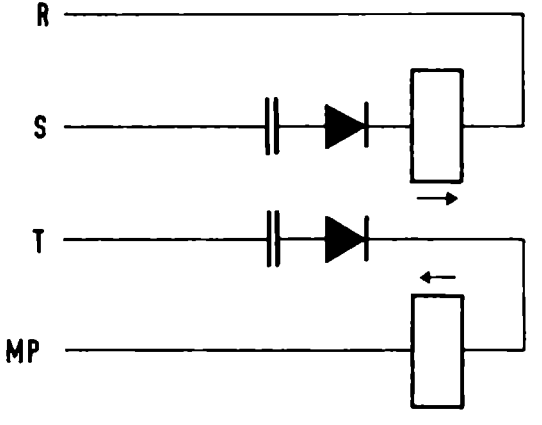
Im nächsten Beispiel werden zwei Spannungen überwacht. Wenn eine der beiden Spannungen stark abweicht oder ganz ausfällt, kann das Differenzrelais wiederum ansprechen.

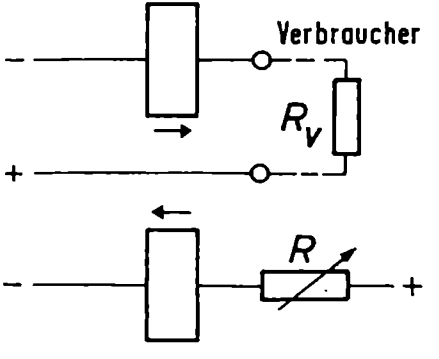
Häufig will man ein Drehstromnetz überwachen, um vielleicht einen Motor vor Überlastung zu schützen, wenn eine Phase ausfällt. Da sich die eine Relaiswicklung zwischen zwei Phasen, also an 380 V befindet, die andere zwischen Phase und Mittelpunktsleiter (Erde), also an 220 V geschaltet ist, müssen die Vorschaltwiderstände verschieden groß bemessen werden. In diesem Falle werden zwei Blindwiderstände in Form von Kondensatoren zur Strombegrenzung benutzt, wobei der an Phase S geschaltete Kondensator eine etwas geringere Kapazität haben soll als der an Phase T geschaltete. Blindwiderstände als Strombegrenzer haben im Gegensatz zu ohmschen Widerständen den Vorteil, daß sie keine Wärme an die Umgebung abgeben. Die Gleichrichter richten den Erregerstrom gleich, damit das Relais nicht vibriert.

Im letzten Schaltbeispiel wird der an den Verbraucher R_V abgegebene Speisestrom überwacht. Der Sollwert wird mit dem Referenzwiderstand R eingestellt.


+
+


+U1
+U2


R
S
T
MP


Verbraucher
Rv
+
R
+

Schaltbeispiel 28

Digitale Schaltungen

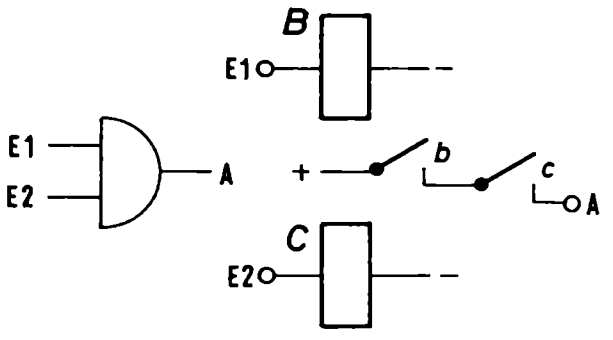
Digitale oder logische Schaltungen, weniger korrekt auch Gatter genannt, erfreuen sich in allen Bereichen der digitalen Informationsverarbeitung der größten Beliebtheit. Einer der ersten elektrischen Rechner wurde vor etwa 25 Jahren von Konrad Zuse gebaut und arbeitete mit Relais. Wenn diese Technik auch inzwischen durch die Halbleitertechnik verdrängt wurde, so ist es doch reizvoll und lehrreich, die Arbeitsweise der elektronischen Verknüpfungsschaltungen mit Relais nachzubilden. In der Digitaltechnik wird als Signal das Pluspotential der Speisespannung verwendet. Auf dieser Grundlage sind auch die nachfolgenden Schaltungen aufgebaut.

Das erste Schaltbeispiel zeigt ein UND-Glied, das nur dann ein Signal (Plusspannung) am Ausgang A aufweist, wenn gleichzeitig an beiden Eingängen E 1 UND E 2 eine Plusspannung ansteht.

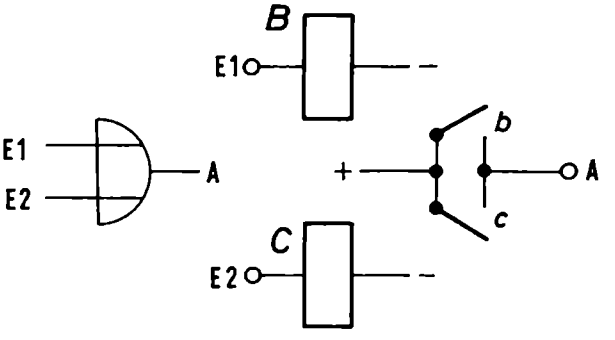
Die nächste Hauptgruppe von Verknüpfungsschaltungen wird von den ODER-Gliedern bestritten. Bei diesen erscheint am Ausgang A eine Plusspannung, wenn an einem der beiden Eingänge E 1 ODER E 2 eine Plusspannung eingespeist wird. Natürlich erscheint auch dann ein Plussignal am Ausgang, wenn an allen Eingängen gleichzeitig eine Plusspannung erscheint. In dieser wie in den übrigen Schaltungen wurden jeweils nur zwei Eingänge gezeichnet, in der Praxis hat man aber meist mehr.

Die folgenden Schaltungen kann man als Varianten der ersten beiden auffassen. Das UND-Glied mit negiertem Eingang weist dann ein Plussignal am Ausgang A auf, wenn dem Eingang E 1 kein Signal UND dem Eingang E 2 ein Signal zugeführt wird. Sind beide oder eine der beiden Bedingungen nicht erfüllt, dann wird die Plusspannung am Ausgang unterdrückt.

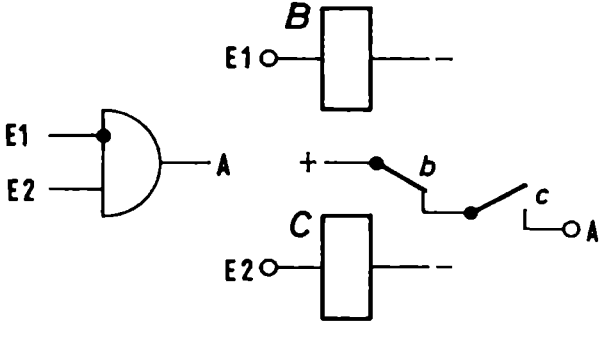
Beim ODER-Glied mit negiertem Eingang erscheint dann ein Plussignal am Ausgang A, wenn am Eingang E 1 kein Signal ODER am Eingang E 2 ein Signal ansteht oder wenn die beiden Voraussetzungen gleichzeitig erfüllt sind.



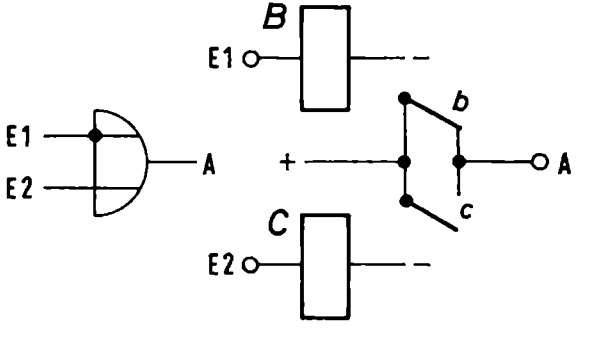
UND-Glied



ODER-Glied



UND-Glied mit negiertem Eingang



ODER-Glied mit negiertem Eingang

Weitere Digitalschaltungen

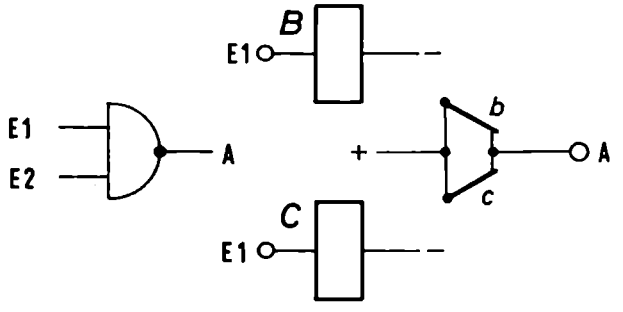
Da die Verknüpfungsschaltungen in der Praxis meist aus Dioden aufgebaut sind, in denen unvermeidliche Spannungsabfälle entstehen, hängt man gerne noch einen Transistor als nachfolgenden Verstärker an. Transistoren haben aber die Eigenschaft (Röhren übrigens auch), die Phase des angelegten Signals in Emitterschaltung um 180° zu drehen. Auf gut deutsch: Die Polarität des Gleichstromsignals wird am Ausgang umgekehrt. Diese Eigenschaft führt in der Praxis zu den NAND- und NOR-Schaltungen (NAND = Not AND, NOR = Not OR).

Das NAND-Glied ist ein UND-Glied mit Negation. Am Ausgang wird das Signal (Plusspannung) unterdrückt, wenn am Eingang E 1 UND am Eingang E 2 gleichzeitig ein Signal eingespeist wird.

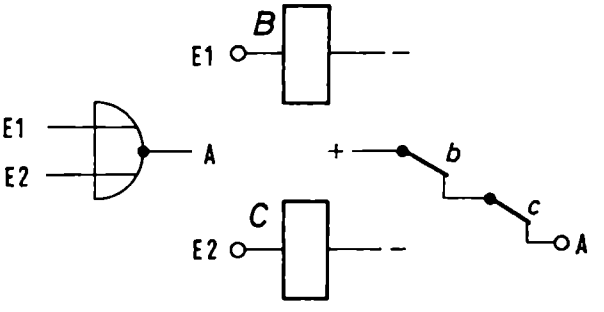
Entsprechend ist das NOR-Glied eine ODER-Schaltung mit Negation. Wenn entweder am Eingang E 1 ODER am Eingang E 2 ODER an beiden Eingängen gleichzeitig ein Signal erscheint, wird das Signal am Ausgang unterdrückt.

Das Äquivalenzglied ist mit Relais viel einfacher zu verwirklichen als elektronisch. Am Ausgang A erscheint dann ein Signal, wenn beide Eingänge gleich angesteuert werden, wenn also gleichzeitig an beiden Eingängen ein Signal ansteht oder wenn weder an E 1 noch an E 2 ein Signal erscheint.

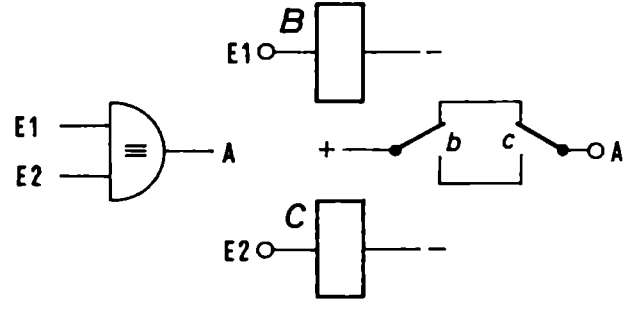
Das Antivalenzglied schließlich ist das Gegenteil des Äquivalenzgliedes. An seinem Ausgang erscheint dann ein Signal, wenn beide Eingänge ungleich angesteuert werden, wenn also entweder an E 1 oder an E 2 ein Signal eingespeist wird. Im Gegensatz zur ODER-Schaltung, die auch dann ein Signal am Ausgang erscheinen läßt, wenn an beiden Eingängen ein Signal ansteht, ist in einem solchen Fall beim Antivalenzglied der Ausgang ohne Signal.



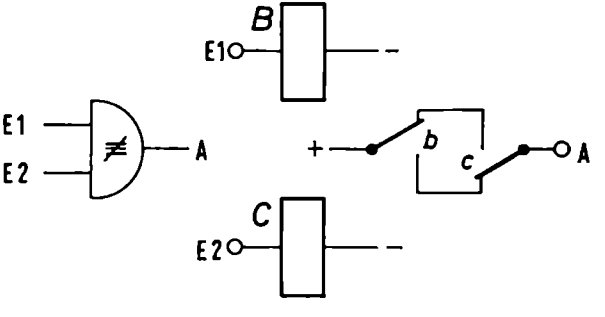
NAND-Glied



NOR-Glied



Äquivalenz-Glied



Antivalenz-Glied

Schaltbeispiel 30

Vereinfachte Digitalschaltungen

Bei den bisherigen digitalen Schaltungen benötigten wir pro Eingang ein Relais. Mit etwas Nachdenken kann man diesen Aufwand auch herabsetzen.

Die Negation, d. h. die Umkehrung eines Signals, in der Elektronik durch eine Transistorstufe verwirklicht, kann durch ein Relais mit Öffner dargestellt werden. In Wirklichkeit wirkt dieses aber noch als Verstärker.

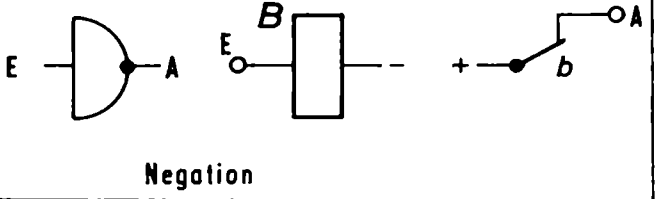
Steuert man ein Relais mit mehreren Eingängen an, dann erhält man eine ODER-Schaltung. Die gezeichneten Dioden haben in diesem Zusammenhang keine logische Funktion, sondern entkoppeln nur die Eingänge gegeneinander. Da aber die Schaltung auch ohne Relais, also nur mit Dioden, als ODER-Glied arbeitet, ist dieses Schaltbeispiel Spiegelfechterei. Doch wie gesagt hängt man an Diodenschaltungen gerne noch einen Verstärker an, der in diesem Falle vom Relais gebildet wird.

Das Relais des Antivalenzgliedes liegt über Widerstände mit beiden Wicklungsenden an Minus. Wird an einen Eingang ein positives Signal eingespeist, kann das Relais ansprechen. Vertauscht man den Schließer in einen Öffner, dann erhält man ein Äquivalenzglied.

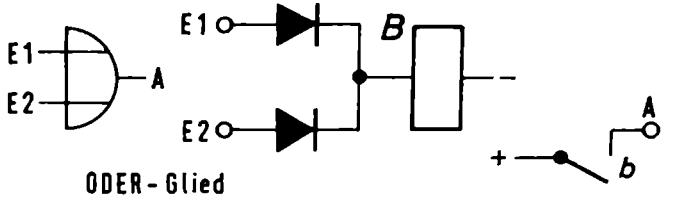
Die Wicklungen des Relais im NOR-Glied sind gleichsinnig geschaltet und können jede für sich bei Erregung das Relais ansprechen lassen. Vertauscht man den Öffner gegen einen Schließer, dann erhält man ein ODER-Glied.

Das UND-Glied mit negiertem Eingang ist ähnlich aufgebaut wie das Antivalenzglied, jedoch liegt nur ein Wicklungsende über den Widerstand an Minus. Das Relais kann nur ansprechen, wenn am Eingang E 2 ein positives Signal erscheint und am Eingang E 1 nicht.

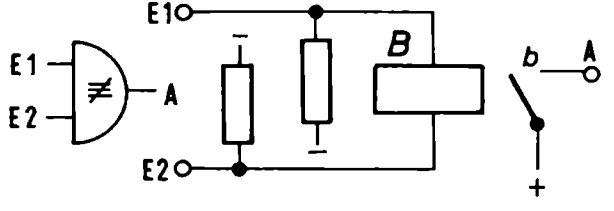
Das UND-Glied im letzten Schaltbeispiel unterscheidet sich von dem darüber gezeichneten NOR-Glied dadurch, daß eine Wicklung bei Erregung nicht imstande ist, das Relais ansprechen zu lassen, sondern es müssen beide Wicklungen zugleich erregt werden. Diese Schaltung läßt ich nur mit eng tolerierten Relais verwirklichen.



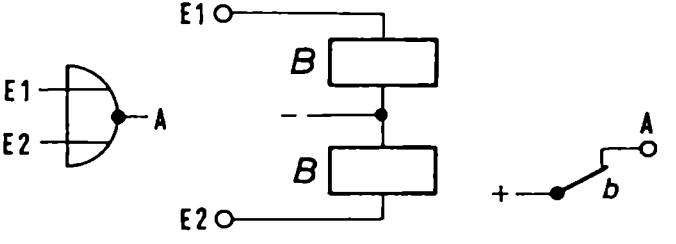
Negation



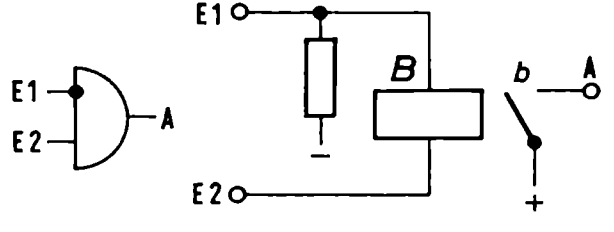
ODER-Glied



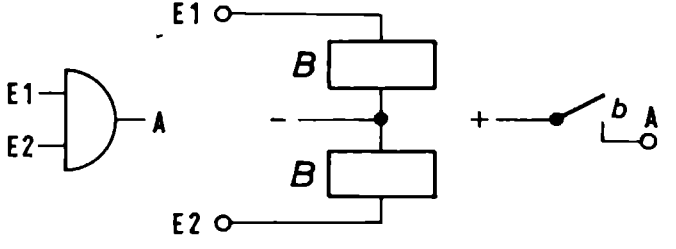
ANTIVALENZ-Glied



NOR-Glied



UND-Glied mit negiertem Eingang



UND-Glied

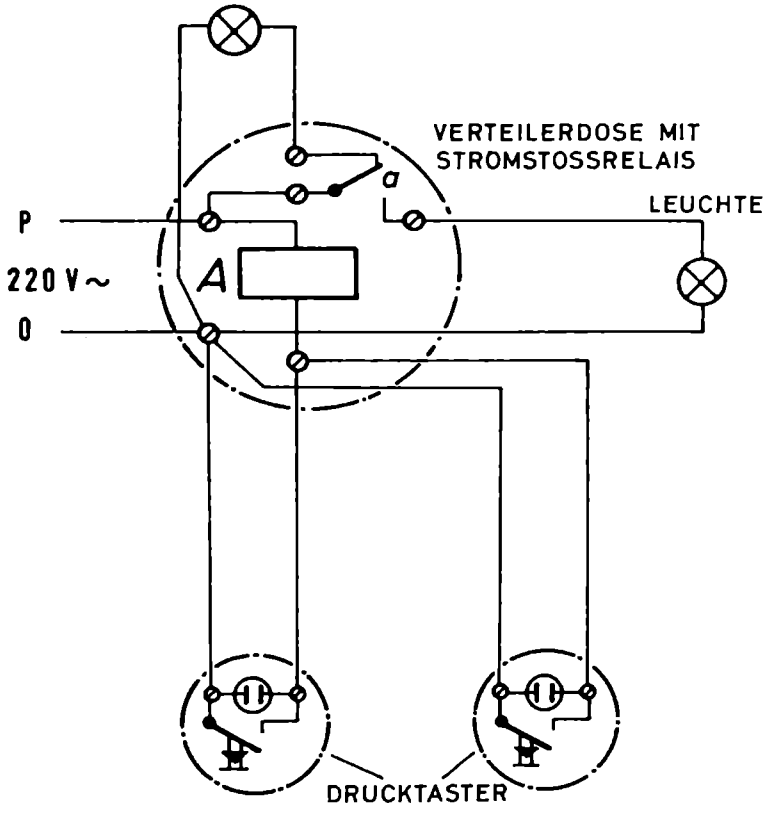
Schaltungen mit Starkstromrelais

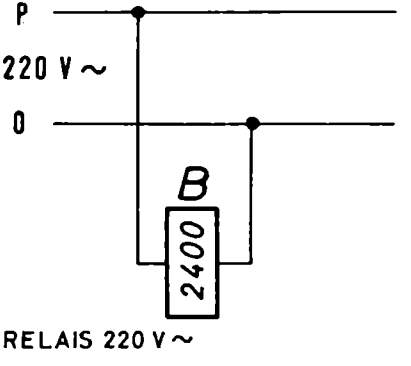
Die linke Schaltung ist bewußt unkonventionell, genauer: nicht nach der Norm, gezeichnet. Es soll durch diese Art der Darstellung die räumliche Anordnung der Installation angedeutet werden. Der Schaltung liegt ein Stromstoßrelais zugrunde, wie es bei der Einrichtung von Beleuchtungsanlagen gebräuchlich ist. Natürlich könnte man statt eines Relais auch einen entsprechenden Schalter verwenden. Will man aber einen Beleuchtungskörper von mehr als 2 Stellen aus bedienen, dann benötigt man einen sog. Kreuzschalter. Ich selbst habe erlebt, wie in einem fabrikverpackten Karton mit solchen Schaltern etwa ein Drittel nicht funktionsfähig war. Aus diesem Grunde setzen sich in solchen Fällen die Stromstoßrelais mehr und mehr durch.

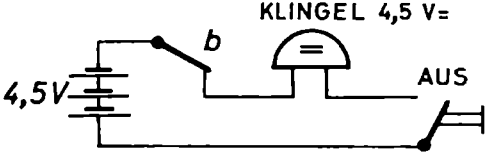
Das Relais wird durch einen kurzen Druck auf einen der beiden Drucktaster (es können beliebig viele solche Taster angeschlossen werden) eingeschaltet und bleibt vermöge seiner mechanischen Rastung in dieser Stellung. Die angeschlossene Leuchte bleibt daher eingeschaltet. Beim abermaligen Drücken einer Taste wird die Rastung des Relais gelöst, und dieses kehrt in seine Ruhelage zurück. Eine eventuell angeschlossene weitere Lampe (oben im Bild) leuchtet nunmehr. Die in den Drucktastern gezeichneten Glimmlampen beleuchten die Taste von innen.

In der zweiten Schaltung wird ein Starkstromrelais zur Spannungsüberwachung benutzt. Fällt die Netzspannung (z. B. durch das Ansprechen einer Sicherung) aus, dann fällt das Relais B ab und schaltet über eine Trokkenbatterie eine Alarmklingel ein.

A US 220 W 5 (Eltako)
B AZ 31 - 470/21/21 (Zettler)


VERTEILERDOSE MIT
STROMSTOSSRELAIS
a
LEUCHTE
P
220 V~
A
0
DRUCKTASTER


P
220 V~
0
B
2400
RELAIS 220 V~


KLINGEL 4,5 V=
b
4,5V
AUS

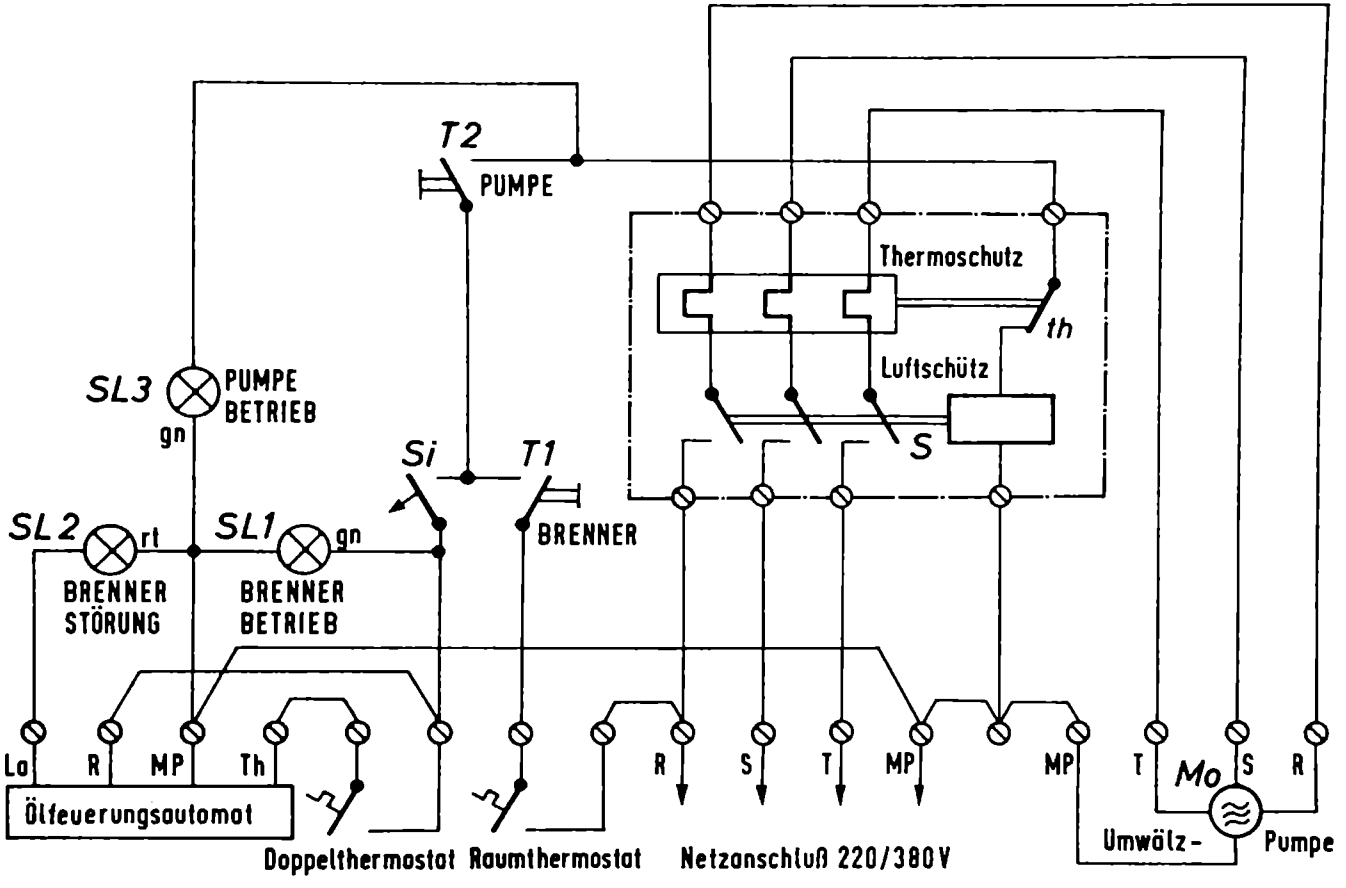
Schaltbeispiel 32

Schaltgerät für Ölbrenner

Geräte mit derartigen Schaltungen laufen im Handel manchmal irreführend unter dem Namen „Steuergerät", sind aber in Wirklichkeit nur Schaltgeräte. Da diese Geräte mitunter unverhältnismäßig teuer sind, lohnt der Selbstbau, wobei natürlich die einschlägigen Bestimmungen des VDE, der Berufsverbände und der örtlichen E-Werke beachtet werden müssen. Insbesondere muß das Gerät allseits berührungssicher sein.

Die Schaltung ist für einen dreiphasigen Pumpenmotor ausgelegt, der sich für eine echte Steuerung mit intermittierendem Betrieb besser eignet als ein Einphasenmotor. Da die Bezeichnungen für die Anschlüsse des Ölfeuerungsautomaten willkürlich sind, muß das Schaltbild des jeweiligen Fabrikats entsprechend abgewandelt werden. Auf eine Stückliste wurde verzichtet, da die Bemessung des Thermoschutzes für die Umwälzpumpe von deren Fabrikat abhängt und die übrigen Bauelemente unkritisch sind. Die Bauelemente einschließlich der Lampen (Glüh- oder Glimmlampen) müssen für 220 V ausgelegt sein. Im Mustergerät wurden Bauteile der Firma Siemens verwendet.

Die Sicherung Si ist ein Sicherungsautomat, der den Ölfeuerungsautomaten absichert und dessen Nennstrom von der Lieferfirma angegeben wird. Der Doppelthermostat, der die Kesseltemperatur konstant hält, schaltet den Brenner aus und ein. Die beiden Signallampen SL 1 und SL 3 werden vom zugehörigen Schalter T 1 bzw. T 3 (mit Raststellung, also nicht federnd!) gesteuert, während die Störungslampe SL 2 vom Ölfeuerungsautomaten eingeschaltet wird. Das Relais in dieser Schaltung — denn wir behandeln ja Relaisschaltungen — wird hier vom Schütz gebildet, der einen eingebauten Thermokontakt als Motorschutz hat und den Pumpenmotor auf allen drei Phasen überwacht. Andernfalls könnte bei Ausfall einer Phase der Motor überlastet werden. Falls die Netzanschlüsse R, S und T nochmals abgesichert werden, sollte man sicherheitshalber einen Dreiphasen-Sicherungsautomaten verwenden.


T2
PUMPE
Thermoschutz
th
Luftschütz
S
SL3
PUMPE
BETRIEB
gn
Si
T1
BRENNER
SL2
rt
SL1
gn
BRENNER
STÖRUNG
BRENNER
BETRIEB
La
R
MP
Th
Ölfeuerungsautomat
R
S
T
MP
MP
T
Mo
S
R
Umwälz-
Pumpe
Doppelthermostat
Raumthermostat
Netzanschluß 220/380V

Inhalt

Einleitung 5
Etwas über Relais 6
Relaiskontakte 8
Verzögerungsschaltungen 10
Verzögerungsschaltungen 12
Verzögerungs- und Beschleunigungsschaltungen . 14
Einschaltverzögerung mit Heißleiter 16
Funkenlöschung 18
Monostabile Kippschaltung 20
Dualzähler 22
Duale Zählschaltungen 24
Dekodierschaltung 26
Dekodierschaltungen 28
Zyklische Zählkette 30
Biquinärzähler 32
Vor- und rückwärtszählende Relaiskette 34
Schrittschaltwerk 36
Schaltung mit Zählmagnet 38
Zählung von Wählimpulsen 40
Elektromechanischer Zähler 42
Sperr- und Prüfschaltung 44
Haustelefonanlage 46
Impulssummierer 48
Zerhacker 50
Rotierende Relaiskette 52
Verriegelungsschaltungen 54
Temperaturregelschaltung 56
Schaltungen mit gepolten Relais 58
Schaltungen mit Differentialrelais 60
Digitale Schaltungen 62
Weitere Digitalschaltungen 64
Vereinfachte Digital-Schaltungen 66
Schaltungen mit Starkstromrelais 68
Schaltgerät für Ölbrenner 70

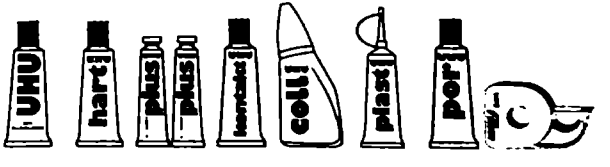
UHU Klebe-Diagramm

	Materialien, die untereinander verklebt werden sollen	flexible Materialien: Gummi	flexible Materialien: Leder	flexible Materialien: Filz, Textilien	Papier: Fotos	Papier: Papiere, Pappe, Karton	Holz: Große Holzflächen (z.B. Furniere)	Holz: Große Holzflächen (Einpassen)	Holz: Balsaholz (Modellbau)	Holz: Holz, Sperrholz, Spanplatten	Kunststoffe: Polystyrol	Kunststoffe: PVC	Kunststoffe: Weichschaum	Kunststoffe: Hartschaum (Styropor®)	Kunststoffe: Polyester	Kunststoffe: Kunststoffplatten (z.B. Resopal®)	Kunststoffe: Bakelit	Kunststoffe: Celluloid	harte Materialien: Stein, Glas, Beton, Keramik, Porzellan	harte Materialien: alle Metalle (auch Gußteile)
harte Materialien	alle Metalle (auch Gußteile)	4	4	4	1	1	4	3	3	3	—	4	4	7	3	3	3	1	3	3
	Stein, Glas, Beton, Keramik, Porzellan	4	4	4	1	1	—	—	3	3,1	—	4	4	7	3	3,1	3,1	1	1,3	
Kunststoffe	Celluloid	4	4,1	1	1	1	4	—	2	2	—	4	4	7	1	1	1	2		
	Bakelit®	4	1	1	1	1	4	—	1	3,1	—	4	4	7	3,1	3,1	3,1			
	Kunststoffplatten (z.B. Resopal®)	4	1	1	1	1	5,4	5	1	5,4	4	4	4	7	4,3	4,3				
	Polyester	4	1	1	1	1	4	3	1	3,1	—	4	4	7	3					
	Hartschaum (Styropor®)		7	7	7	7	7	5	7	7	7		7	7						
	Weichschaum	4	4	4	—	4	4	4	4	4	4	4	4							
	PVC	4	4	4	—	4	4		—	4		4								
	Polystyrol	—	4	6	—	6	—	—	6	6	6									
Holz	Holz, Sperrholz, Spanplatten	4	1	1	1	1	4,5	5	2	2.5.4										
	Balsaholz (Modellbau)	4	1	1	—	1	4,5	5	2											
	Große Holzflächen (Einpassen)		4	2,5	5	1	—	5												
	Große Holzflächen (z.B. Furniere)	4	4	4	—	4	4													
Papier	Papiere, Pappe, Karton	4	1	1	1	1														
	Fotos	—	1	1	1															
flexible Materialien	Filz, Textilien	4	4	1																
	Leder	4	4																	
	Gummi	4																		

1 = UHU der Alleskleber
2 = UHU-hart
3 = UHU-plus
4 = UHU-kontakt
5 = UHU-coll
6 = UHU-plast
7 = UHU-por
– – = ungebräuchliche Verklebung

Erläuterungen:
In dem abgebildeten Diagramm sind die wichtigsten gebräuchlichen Werkstoffe aufgeführt.
Beispiel: Sie wollen wissen, mit welchem Klebstoff oder Leim PVC mit Holz am besten zu verkleben ist. Folgen Sie den beiden Spalten „PVC" und „Holz" (diese Spalten sind zur besseren Erläuterung grau angelegt). Im Schnittpunkt finden Sie die Zahl 4 – die Kennziffer für UHU-kontakt. Bei anderen Materialien verfahren Sie ebenso.

Resopal ® Rowohlder Styropor ® BASF Bakelit ® Bakelite



TOPP

Elektromagnetische Relais . . .

- sind einfach in der Anwendung. Anhand der Datenblätter kann man sie rasch und mühelos festlegen;
- sind unempfindlich gegen kurzzeitige Überlastung, insbesondere gegen Spannungsspitzen;
- haben geringe Restströme, die auch beim Hintereinanderschalten nicht auf unzulässige Werte ansteigen;
- sind wirtschaftlich in Geräten, in denen eine große Anzahl von Stromkreisen geöffnet oder geschlossen werden soll;
- ergeben übersichtliche Stromkreise; besonders vorteilhaft im Prüffeld und bei der Fehlersuche. Eine Störung kann meist ohne Auswechseln von Bauteilen behoben weden;
- haben bei richtiger Bemessung und bei guter Funkenlöschung eine hohe Lebensdauer;
- erlauben es, auch Zeitbedingungen, insbesondere bei längeren Verzögerungszeiten, einfach zu verwirklichen;
- können in stromrichtungsabhängiger und -unabhängiger Ausführung wahlweise in die Schaltung eingefügt werden;
- ermöglichen in Form von Wählern, Schrittschaltwerken oder Zählmagneten eine einfache Speicherung und Untersetzung von Impulsen, ohne daß aufwendige Decodierschaltungen erforderlich sind;
- eignen sich besonders für Schaltzwecke in Starkstromschaltungen, wobei hohe Ströme und Netzspannungen geschaltet werden können;
- sind die idealen Bauelemente beim versuchsweisen und erstmaligen Aufbau von Schaltungen.